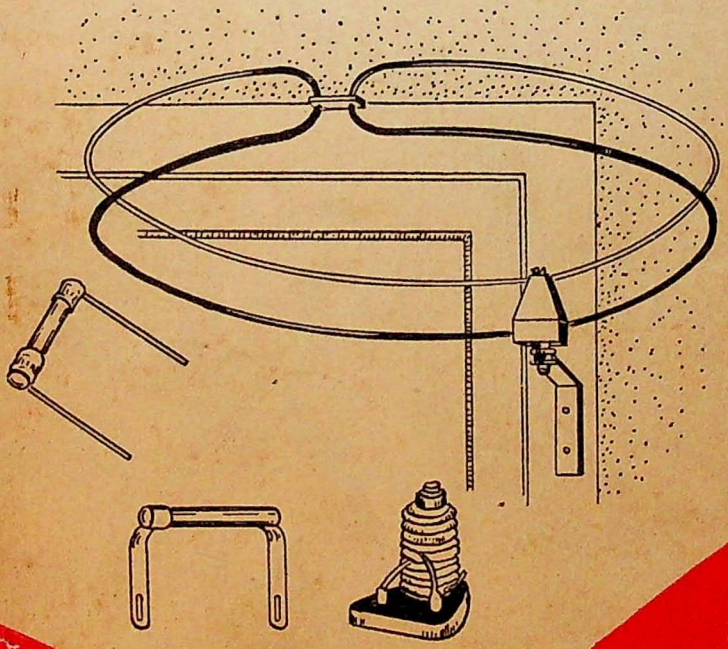
Praktisch

RUNDFUNKBASTELN

von Helmut Meyer

Band 2



MIT ABBILDUNGEN

LEHRMEISTER BÜCHEREI 1.50

Praktisch Rundfunkbasteln

Eine systematische Einführung in die Praxis der modernen Radiotechnik von den Grundlagen bis zum UKW-Super

Band 2

Reflex- und Mehrkreisempfänger, Kleinsuper für Rundfunk- und Ultrakurzwellen

Von

Helmut Meyer

50 Abbildungen

Lehrmeister-Bücherei Nr. 2032

Albrecht Philler Verlag Minden (Westf.)

Die Titel der Bände I und III lauten:

Band I: *Grundlagen und Selbstbau einfacher Empfangsgeräte* (bereits erschienen)

Band III: *Kombinierte Empfänger für AM/FM, Sonderzubehör*

Alle Rechte vorbehalten

Fadenlos gebunden bei Wilhelm Altvater, Todtenhausen/Minden i. W
Druck: Georg Gräper, Todtenhausen/Minden i. W.
55742

Inhaltsverzeichnis

		Seite
A.	Vorwort	5
B.	Ein einfacher Reflexempfänger	7
	1. Einige theoretische Betrachtungen	7
C.	Der Bau eines Zweikreisempfängers	12
	1. Resonanzkurven in Theorie und Praxis	12
	2. Schaltung und Wirkungsweise	15
	3. Das Wickeln der Spulen	20
	4. Winke für den Aufbau	27
	5. Der Abgleich	31
	6. Sperr- und Saugkreise	36
D.	Das Überlagerungsprinzip	38
E.	Wir bauen einen Vierkreissuper	42
	1. Besprechung der Schaltung	42
	2. Bau der Spulen und des Bandfilters	46
	3. Aufbau, Verdrahtung und Abgleich	49
F.	Grundsätzliches von der Ultrakurzwelle	53
G.	Ein Kleinsuper für UKW	65
	1. Das Schaltbild	65
	2. Die Spulen	68
	3. Besonderheiten des Aufbaus	69
	4. Inbetriebnahme und Abgleich	72
	5. Etwas über UKW-Antennen	74

A. Vorwort

Wenn ich im ersten Teil der Reihe „Praktisch Rundfunkbasteln" (L.-B. Nr. 2030) der eigentlichen Baubeschreibung von Empfangsgeräten die wichtigsten theoretischen Grundbegriffe der Funktechnik voransetzte, so sollte damit bezweckt werden, dem Leser und besonders dem Anfänger zunächst einmal das Wissen zu vermitteln, das zum Verständnis der Wirkungsweise einfacher Schaltungen notwendig ist. Um in die Rundfunktechnik einzudringen, genügt es nämlich keineswegs, einen Empfänger ohne Kenntnis seiner Funktionen oder des „Warum" besonderer Maßnahmen von einem Konstruktionsplan nachzubauen; Theorie und Praxis müssen sich vielmehr stets ergänzen; letzten Endes ist erstere ja dafür da, die praktische Arbeit zu erleichtern.

Aufgabe des vorliegenden Büchleins ist, den Funkfreund nun an solche Empfangsgeräte heranzuführen, die im Hinblick auf Empfindlichkeit und Trennschärfe schon höhere Ansprüche zu stellen erlauben. Neben der Kurz-, Mittel- und Langwelle kommt auch die Ultrakurzwelle zu ihrem Recht. Der am Schluß dieses Bandes beschriebene UKW-Super ist so gestaltet, daß er entweder als selbständige Einheit oder als Zusatz zu einem vorhandenen Gerät betrieben werden kann.

Da vorausgesetzt wurde, daß die einfachsten Grundlagen inzwischen bekannt sind, weicht der Aufbau dieses Buches insofern vom ersten Band ab, als Theorie und Praxis nicht

wie bisher getrennt, sondern als zusammengehörendes Ganzes behandelt werden.

Möge auch der zweite Teil „Praktisch Rundfunkbasteln" allen Funkfreunden Anregung zu weiterer erfolgreicher Arbeit geben. Der Antennenfabrik ASTRO, Bensberg/Köln, spreche ich für die freundliche Unterstützung meinen Dank aus.

Helmut Meyer

Göttingen, 1954.

B. Ein einfacher Reflexempfänger

1. Einige theoretische Betrachtungen

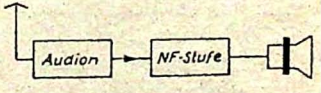
Von den Materialkosten, die beim Bau eines Rundfunkempfängers aufzubringen sind, entfällt ein beträchtlicher Teil auf die Röhren. Wenn es auch der Röhrenindustrie auf Grund der seit der Währungsreform erheblich gestiegenen Produktionsziffern möglich gewesen ist, die Preise um zum Teil mehr als 60% zu senken, so muß dennoch mancher Funkfreund die vorgesehene Erweiterung seines Gerätes wegen des erforderlichen größeren Aufwandes an Röhren noch eine gewisse Zeit hinausschieben.

Bereits vor etlichen Jahren ist aus Ersparnisgründen versucht worden, eine Röhre gleichzeitig zwei Aufgaben erfüllen zu lassen, um die Gesamtröhrenzahl eines Empfängers niedriger halten zu können. Mit den sogenannten Reflexschaltungen ist man dabei zu teilweise recht befriedigenden Lösungen gekommen.

Wie der Name schon andeutet, werden bei einer Reflexschaltung, die man am treffendsten auch Rückwegschaltung benennen könnte, im Gerät bereits verstärkte hoch- bzw. niederfrequente Schwingungen um eine oder mehrere Stufen zurückgeführt und dann abermals in denselben Röhren verstärkt, die sie zuvor bereits passiert hatten.

In Abb. 1 sehen wir das Blockschema eines einfachen Einkreisempfängers, dessen Schaltung wir bereits im ersten

Abb. 1



Teil dieser Buchreihe kennengelernt hatten. Die Hochfrequenz gelangt von der Antenne zur Audionröhre, wird

dort verstärkt und gleichgerichtet; anschließend geht in der Endröhre die Niederfrequenzverstärkung vor sich. Wir haben also eine gerade Linie vom Empfängereingang bis zum Lautsprecher.

Es ist nun durchaus denkbar, einem solchen Gerät die Antennenspannung an anderer Stelle zuzuführen, etwa am Steuergitter der Lautsprecherröhre. Dann erfolgt in der Endstufe zunächst eine Hochfrequenzvorverstärkung. Am Ausgang müßte allerdings für eine Trennung gesorgt werden; die Niederfrequenz soll ja dem Lautsprecher, die Hochfrequenz dem Audion zugeleitet werden. Abb. 2 zeigt den Weg wieder in Form eines Blockschemas.

So einleuchtend diese Gedanken sein mögen, so schwierig erscheint auf den ersten Blick die Verwirklichung in der Pra-

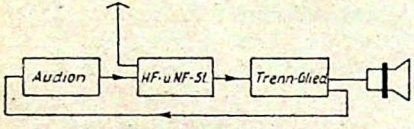


Abb. 2

xis, besonders im Hinblick auf die erforderliche Trennung. Doch da wir wissen, daß der Wechselstromwiderstand einer Spule für hohe Frequenzen groß, für niedrige dagegen klein ist (beim Kondensator sind die Verhältnisse bekanntlich umgekehrt), sind wir der Lösung der Aufgabe schon ziemlich nahe.

Betrachten wir einmal Abb. 3. Das Steuergitter von V_1 erhält ein Gemisch hoher und niedriger Frequenzen, die gemeinsam in der Röhre verstärkt werden sollen. In der Anodenleitung liegen eine kleine Spule L_1 und eine größere L_2 in Serie, die jeweils auf L_3 bzw. L_4 koppeln. L_2 ist durch einen kleinen Kondensator C überbrückt.

Die tiefen Frequenzen gehen nach der Verstärkung über L_1 hinweg, da L_1 mit seinen wenigen Windungen (geringe

Induktivität) keinen nennenswerten Widerstand für sie aufweist. L_2 stellt jedoch einen hohen induktiven Widerstand dar. Infolgedessen entsteht an L_2 auch ein großer niederfrequenter Spannungsabfall und somit ein kräftiges Magnetfeld, das in L_4 eine Spannung induziert. Der Kondensator C ist so bemessen, daß sein kapazitiver Widerstand weit höher ist als der induktive Widerstand von L_2; auf die Niederfrequenz wird also durch sein Vorhandensein kein Einfluß ausgeübt. Die Hochfrequenz findet dagegen schon in L_2 einen beträchtlichen Widerstand, so daß in dieser Spule

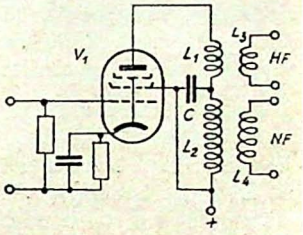


Abb. 3

ein hochfrequenter Spannungsabfall auftritt, der seinerseits in L_3 eine Spannung erzeugt. Da der Kondensator C für die höheren Frequenzen praktisch einen Kurzschluß bildet, werden diese ihren Weg nur über C nehmen und L_2 gar nicht berühren. Die gewünschte Trennung des Frequenzgemisches ist also erreicht.

2. Die praktische Ausführung

Nach diesen theoretischen Betrachtungen wird uns jetzt das Verständnis für die Wirkungsweise einer vollständigen Reflexschaltung nicht schwerfallen. Wir können uns also dem praktischen Aufbau eines solchen Gerätes zuwenden.

Abb. 4 zeigt das Schaltbild. Die Antennenspannung gelangt über den Kondensator C_{11} an den Widerstand R_8. Ein Erd-

anschluß ist nicht unbedingt erforderlich; wenn eine Erdleitung jedoch vorhanden ist, wird man sie über C_{10} mit dem Chassis verbinden.

Die an R_8 auftretende Hochfrequenzspannung wird über C_7 dem Steuergitter von V_2 zugeführt. C_7 hat die Aufgabe, R_7 und R_8 galvanisch zu trennen, um eine Beeinträchtigung des Gitterableitwiderstandes R_6 durch R_8 zu vermeiden.

Nach der Verstärkung fließt die Hochfrequenz zur Spule L, gelangt auf induktivem Wege zur Röhre V_1, wird dort nochmals verstärkt und gleichgerichtet. In V_2 findet dann die Endverstärkung der Niederfrequenz statt. Die Aussiebung der Hoch- und Niederfrequenz am Ausgang von V_2 geht genau so vor sich, wie im letzten Kapitel beschrieben.

Beim Aufbau des Gerätes können wir uns an die Angaben im Teil I L.-B. Nr. 2030 (Abschnitt D, Kapitel 3) halten; die Maße des Chassis betragen wieder 170x270x50 mm. Da die Zahl der benötigten Einzelteile nur unwesentlich von der des im ersten Band beschriebenen Einkreisers abweicht, kann die Montage in der dort angegebenen Weise vorgenommen werden. Als Spulensatz wird wieder die DKE-Spule verwendet. Wer den Einkreiser bereits gebaut hat, braucht nur noch die Schaltung zu ändern. Die Röhren können beibehalten werden. Im Mustergerät des Verfassers wurde für V_1 eine EF 41, für V_2 eine EL 41 benutzt. Es können aber auch entsprechende Paralleltypen gewählt werden.

Von einer nochmaligen Beschreibung des Stromversorgungsteils wollen wir absehen, da bereits im ersten Band drei verschiedene Schaltungen von Netzteilen gebracht wurden. Soll das Gerät mit Wechselstrom betrieben werden (Abb. 46, Bd. 1), so können die in Abb. 4 gestrichelt gezeichneten Kondensatoren C_{10} und C_{11} entfallen.

Die Röhre V_2 bewirkt eine beträchtliche Vorverstärkung der Hochfrequenz; aus diesem Grunde kann unter Umstän-

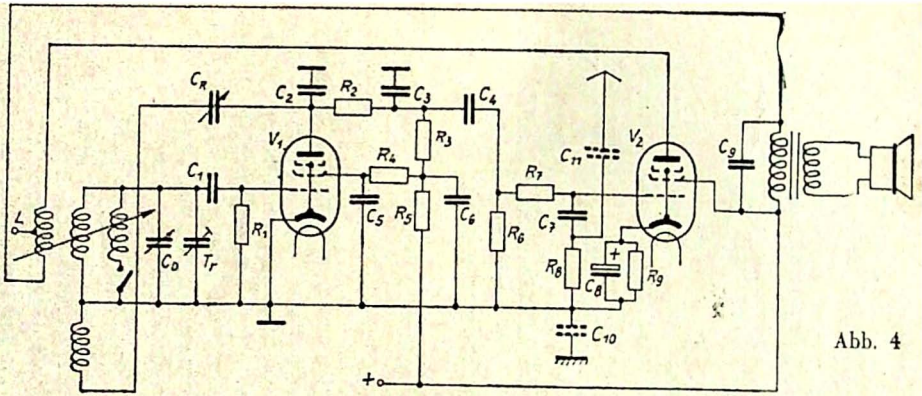


Abb. 4

Stückliste zu Abb. 4

R_1 = 1 MOhm, 0,25 W
R_2 = 1 kOhm, 0,25 W
R_3 = 200 kOhm, 0,5 W
R_4 = 1 MOhm, 0,25 W
R_5 = 20 kOhm, 0,5 W
R_6 = 1 MOhm, 0,25 W
R_7 = 100 kOhm, 0,25 W
R_8 = 50 kOhm, 0,25 W
R_9 = 170 Ohm, 0,5 W
C_R = 250 pF (Hartpapierdrehko)
T_r = 30 pF (Trimmer)

V1 EF41
V2 EL41

C_1 = 100 pF, 250 V
C_2 = 100 pF, 250 V
C_3 = 50 pF, 250 V
C_4 = 20 000 pF, 250 V
C_5 = 0,25 μF, 125 V
C_6 = 0,5 μF, 250 V
C_7 = 70 pF, 250 V
C_8 = 25 μF, 12 V (Elko)
C_9 = 5000 pF, 250 V
C_{10} = 200 pF, 500 V
C_{11} = 200 pF, 500 V.

den eine Übersteuerung des Audions eintreten, besonders bei stärkeren Sendern. In einem solchen Fall ist es ratsam, mit loserer Kopplung zu arbeiten, d. h. die Schwenkspule muß dann weiter von der feststehenden Gitterspule zurückgedreht werden, um sauberen Empfang zu bekommen. Vielfach genügt es schon, die Koppelspule an der Anzapfung anzuschließen. Ist der Empfang trotzdem unbefriedigend, so liegt eine Phasendrehung vor; dann muß die Schwenkspule umgepolt werden.

Der Gewinn an Leistung durch die Reflexschaltung gegenüber dem einfachen Einkreiser ist erstaunlich. Das Gerät des Verfassers brachte tagsüber 7 Stationen an einer Behelfsantenne von nur 1,50 m Länge. Dabei war keine Erde angeschlossen.

Der Bau dieses Empfängers ist daher besonders dann zu empfehlen, wenn man wenig Aufwand treiben möchte oder bei schlechten Antennenverhältnissen arbeiten muß.

C. Der Bau eines Zweikreisempfängers

1. Resonanzkurven in Theorie und Praxis

Eine der Hauptforderungen, die man heute an ein Gerät stellen muß, ist die nach ausreichender Trennschärfe. Es ist zwar bei der Vielzahl an Stationen gerade im Mittelwellenbereich auch mit Spitzengeräten nicht möglich, alle Sender einwandfrei zu trennen; das liegt aber nicht an der Beschaffenheit der Empfänger, sondern daran, daß sich eben verschiedene Stationen überschneiden.

Die Bandbreite der Sender ist im Mittelwellenbereich (500—1500 kHz) international auf 9 kHz festgelegt. In dem 1000 kHz breiten Band dürften demnach höchstens $1000 : 9 = 111$ Stationen arbeiten; tatsächlich sind es aber im europäischen Raum allein schon mehr als tausend. Da mit einer Verringerung der Senderzahl nicht zu rechnen ist,

bleibt uns keine andere Wahl, als die Trennschärfe der Empfänger zu steigern, um erträgliche Verhältnisse zu schaffen.

Wenn wir bei einem Einkreiser den Orts- oder Bezirkssender eingestellt haben, müssen wir den Drehkondensator um ein beträchtliches Stück weiter ein- oder ausdrehen, um die Station zum Verschwinden zu bringen. Bei einem trennschärferen Gerät dagegen genügt schon eine kleine Veränderung des Abstimmkondensators, bis der Sender nicht mehr hörbar ist.

Der Unterschied beider Apparate liegt, abgesehen von der vielleicht größeren Empfindlichkeit des besseren Gerätes, lediglich in ihrer sogenannten Resonanzkurve.

Ideal wäre ein Empfänger, dessen Resonanzkurve einen Verlauf nach Abb. 5 hätte. Wir wollen annehmen, wir hätten gerade einen Sender eingestellt, der auf der Frequenz 1200 kHz arbeitet. Das Gerät würde dann nur den Bereich innerhalb der Seitenbandfrequenzen 1200 kHz + 4,5 kHz =

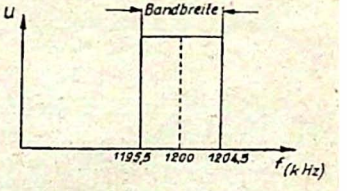


Abb. 5

1204,5 kHz und 1200 kHz — 4,5 kHz = 1195,5 kHz aufnehmen; seine Bandbreite betrüge demnach gerade 9 kHz. Bei einer Änderung der Drehkoeinstellung verschöbe sich dann die Resonanzkurve auf der Abszisse nach rechts bzw. links, ihre Form bliebe jedoch unbeeinflußt.

Praktisch läßt sich diese Kurve zwar nie erreichen, doch gibt es Mittel und Wege, sich ihr zu nähern. Im wesentlichen hängt ihr Verlauf von der Zahl und Güte der vorhandenen Schwingkreise ab.

Ein Blick auf die ungefähre Form der Resonanzkurve eines Einkreisempfängers (Abb. 6) wird uns sicher etwas enttäuschen, denn die Ausläufer gehen weit über die erwünschte Begrenzung bei + 4,5 kHz und — 4,5 kHz hinaus. Wir erkennen daran, daß alle die Stationen, die gerade innerhalb der Kurve liegen, gleichzeitig empfangen werden, wenn auch etwas schwächer, als der in der Mitte liegende Sender. Ein weiterer Nachteil ist die Verjüngung der Kurve nach oben; wir ersehen daraus, daß die höheren Modulationsfrequenzen gegenüber den tieferen benachteiligt sind.

Bei einem Einkreiser läßt sich zur Verbesserung der Resonanzkurve nichts weiter tun, als den Schwingkreis so verlustfrei wie möglich zu gestalten; man wird die Spule also

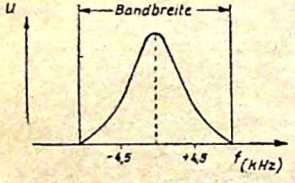


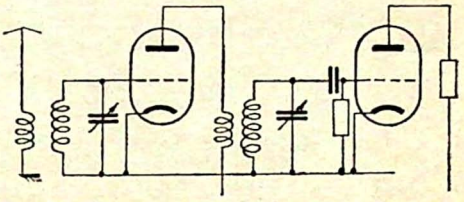
Abb. 6

aus Hochfrequenzlitze wickeln und als Abstimmkondensator einen solchen mit verlustarmem Dielektrikum (Luft) und guter Isolation des Stators verwenden. Zufriedenstellend ist das Ergebnis allerdings noch nicht.

Als einziger Weg bleibt uns dann nur, den Empfänger mit mehreren Schwingkreisen auszurüsten. Wenn wir beispielsweise einem Audion einen weiteren Abstimmkreis mit Verstärkerröhre vorsetzen (Abb. 7), so findet eine Anhebung der Resonanzfrequenz bereits in der ersten Stufe statt. In den Audionkreis wird dann die bereits „vorgesiebte" Hochfrequenz eingekoppelt; dort erfolgt ein nochmaliges Hervorheben der Resonanzfrequenz. Die sich aus den Einzelresonanzkurven beider Kreise ergebende Gesamtresonanz-

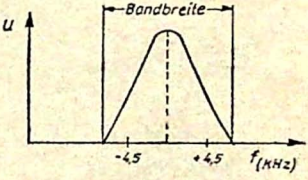
kurve ist also steiler und schmaler geworden und hat jetzt etwa die in Abb. 8 gezeigte Form. Der jeweiligen Empfangsfrequenz benachbarte Stationen, die bei einem Einkreisgerät noch durchgekommen wären, werden beim Zweikreiser bereits zum Teil unterdrückt.

Abb. 7



Größere Empfänger arbeiten mit sechs bis neun Kreisen; darauf werden wir aber erst später zu sprechen kom-

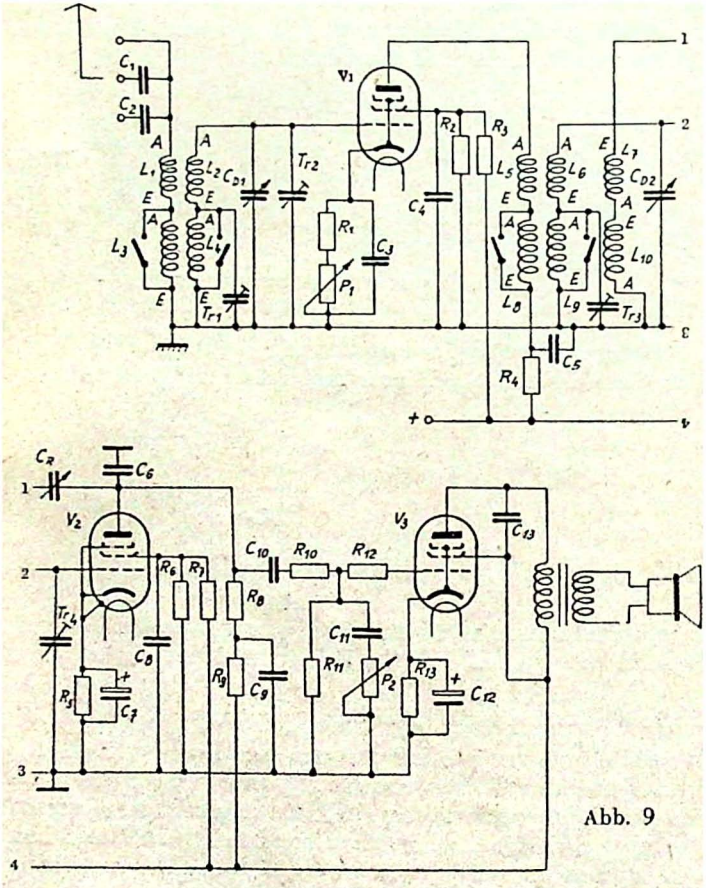
Abb. 8



men. Jetzt wollen wir uns wieder dem praktischen Teil zuwenden und zunächst ein Zweikreisgerät bauen.

2. Schaltung und Wirkungsweise

Abb. 9 zeigt die Schaltung des mit Kurz- und Mittelwellenbereich ausgestatteten Empfängers. Von der Antenne, die über drei verschiedene Buchsen angeschlossen werden kann, gelangt die Hochfrequenz auf induktivem Wege über die Spulen L_1 und L_3 zum Abstimmkreis der Röhre V_1. Dort findet die erste Aussiebung der Resonanzfrequenz statt.



C1
C2
A
L1
E
L3
L2
L4
CD1
Tr1
Tr2
V1
R1
P1
C3
C4
R2
R3
L5
L6
L7
CD2
L8
L9
L10
Tr3
C5
R4
+
1
2
3
4
CR
C6
V2
R5
C7
R6
R7
R8
C8
C9
C10
R10
R12
R9
R11
C11
P2
R13
C12
V3
C13
Tr4

Abb. 9

Stückliste zu Abb. 9

R_1 = 300 Ohm, 0,25 W
R_2 = 100 kOhm, 0,5 W
R_3 = 100 kOhm, 0,5 W
R_4 = 5 kOhm, 0,5 W
R_5 = 2 kOhm, 0,25 W
R_6 = 50 kOhm, 0,5 W
R_7 = 700 kOhm, 0,5 W
R_8 = 100 kOhm, 0,5 W
R_9 = 10 kOhm, 0,5 W
R_{10} = 25 kOhm, 0,25 W
R_{11} = 1 MOhm, 0,25 W
R_{12} = 1 kOhm, 0,25 W
R_{13} = 170 Ohm, 0,5 W
P_1 = Potentiometer 10 kOhm lin
P_2 = Potentiometer 100 kOhm log
C_{D1}/C_{D2} = 2x500 pF (Luftdrehko)

C_1 = 200 pF, 250 V
C_2 = 50 pF, 250 V
C_3 = 0,25 µF, 125 V
C_4 = 0,25 µF, 125 V
C_5 = 0,5 µF, 250 V
C_6 = 70 pF, 250 V
C_7 = 25 µF, 12 V (Elko)
C_8 = 0,25 µF, 125 V
C_9 = 0,5 µF, 250 V
C_{10} = 20 000 pF, 250 V
C_{11} = 0,1 µF, 125 V
C_{12} = 25 µF, 12 V (Elko)
C_{13} = 2500 pF, 500 V
CR = 250 pF (Hartpapierdrehko)
T_{r1}—T_{r4} = je 30 pF (Trimmer)

Sind die 4 Schaltkontakte der Spulen geöffnet, so ist der Bereich „Mittelwelle" in Betrieb, denn dann liegen die jeweils zusammengehörenden Spulen in Serie; die Induktivitäten addieren sich also.

Die Regelung der Lautstärke erfolgt im Katodenkreis von V_1 durch das Potentiometer P_1. Der Katodenstrom muß P_1 und den Widerstand R_1 durchfließen. Zwischen Katode und Masse entsteht somit ein Spannungsabfall, dessen Größe von der Einstellung des Potentiometers abhängt. Da das Steuergitter von V_1 über die Spulen mit dem Chassis in Verbindung steht, ändert sich also beim Betätigen des Reglers die Gittervorspannung.

V_1 ist eine sogenannte Regelröhre, deren Verstärkungsfaktor von der Höhe der Gittervorspannung abhängt. Bei großer negativer Vorspannung ist die Verstärkung gering, bei kleiner dagegen hoch. R_1 ist ein Schutzwiderstand, der dafür sorgt, daß auch bei voll aufgedrehtem Regler eine ge-

wisse Grundgittervorspannung erzeugt wird, um die Röhre nicht zu überlasten.

Die Spulen L_5 und L_8 bilden den Arbeitswiderstand der Röhre V_1 und übertragen die in der ersten Stufe verstärkte Hochfrequenz auf den zweiten Kreis. Sowohl der erste als auch der zweite Kreis werden durch den Zweifachdrehkondensator C_{D1}/C_{D2} gemeinsam abgestimmt.

In der Röhre V_2 vollzieht sich die Gleichrichtung der Hochfrequenz. V_2 arbeitet nicht, wie bei den bisher beschriebenen Empfängern, als Audion, sondern als sogenannter Richtverstärker, auch Anodengleichrichter genannt. Wir erkennen den Unterschied sofort an dem Katodenwiderstand R_5 und dem parallelgeschalteten Kondensator C_7. Bei einem Audion liegt die Katode bekanntlich direkt an Masse.

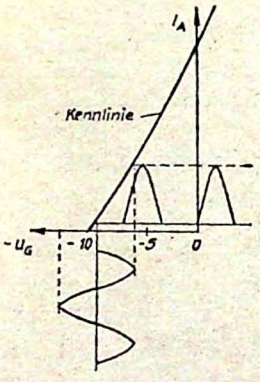


Abb. 10

Um die Wirkungsweise des Richtverstärkers zu verstehen, betrachten wir die in Abb. 10 wiedergegebene Röhrenkennlinie, die die Abhängigkeit des Anodenstroms von der Gittervorspannung erkennen läßt. Bei großer negativer Gitterspannung (in unserer Abbildung bei —10 Volt) ist der

Anodenstrom fast Null. Treffen Schwingungen auf das Gitter, so wird dessen Spannung bei den positiven Halbwellen im Rhythmus der Modulation mehr oder weniger steigen; im gleichen Verhältnis ändert sich aber auch der Anodenstrom. Die negativen Halbwellen verschieben zwar die Gitterspannung noch weiter in negatives Gebiet; davon wird jedoch der Anodenstrom nicht mehr beeinflußt, denn der Arbeitspunkt der Röhre liegt durch die feste Grundgittervorspannung von —10 Volt ja bereits am unteren Knick der Kennlinie. Folglich werden die negativen Halbwellen unterdrückt, die Gleichrichtung ist also erreicht.

Für die Röhre V_2 wird die erforderliche Gittervorspannung am Widerstand R_5 automatisch erzeugt. Der Kondensator C_7 hat die Aufgabe, die an R_5 auftretende Spannung konstant zu halten. Damit C_7 für die Niederfrequenz keinen nennenswerten Widerstand darstellt, muß seine Kapazität ziemlich groß sein. Wir verwenden deshalb einen Niedervoltelko von 25 μF.

Die Schirmgitterspannung für die Röhren V_1 und V_2 wird nicht durch einfache Vorwiderstände, sondern über je einen Spannungsteiler (R_2, R_3 bzw. R_6, R_7) gebildet. Durch diese Maßnahme bleibt die Spannung konstant. Würden wir der Röhre V_1 die Spannung nur über einen Vorwiderstand zuführen, so stiege bei negativer werdender Steuergittervorspannung (durch Betätigen des Potentiometers P_1) die Schirmgitterspannung wegen des gleichzeitig geringer werdenden Schirmgitterstromes an; das würde aber einem Leiserwerden des Empfangs in gewissen Grenzen entgegenwirken.

Die Arbeitsweise des Anodengleichrichters ist durch das Vorhandensein des Spannungsteilers ebenfalls stabiler.

Zur Erhöhung der Empfindlichkeit ist wieder eine Rückkopplung vorgesehen. Eine Umschaltung der Rückkopplungs-

spulen braucht jedoch beim Wechsel des Wellenbereichs nicht vorgenommen zu werden.

In der Röhre V_3 erfolgt die Endverstärkung der Niederfrequenz. Das Potentiometer P_2 gestattet eine Regelung der Klangfarbe; es kann mit einem Dreh- oder Druck-Zug-Schalter kombiniert sein, der zum Ein- und Ausschalten des Empfängers dient.

Bei Kurzwellenempfang werden die Spulen L_3, L_4, L_8 und L_9 durch die vier Schaltkontakte überbrückt und somit außer Betrieb gesetzt. Mit den Trimmern T_{r1}—T_{r4} wird zum Schluß der Ausgleich vorgenommen.

3. Das Wickeln der Spulen.

Viele Funkfreunde neigen dazu, ihre Geräte mit fertigen Industriespulensätzen auszurüsten, um sich das Selbstwickeln zu ersparen. Ausschlaggebend dafür ist nicht so sehr das Bestreben, sich möglichst wenig Arbeit zu machen, sondern vielmehr die Tatsache, daß das Selbstanfertigen der Spulen oftmals als schwierig angesehen wird. In diesem Vorurteil ist mancher Bastler durch einen gelegentlichen Mißerfolg vielleicht noch bestärkt worden.

Es soll nicht bestritten werden, daß ein erfolgreicher Spulenselbstbau etwas Überlegung voraussetzt. Doch dürfte gerade dieser Umstand ein Grund mehr sein, sich der Arbeit nicht zu entziehen. Abgesehen davon, daß hierdurch manche Mark eingespart werden kann, wird die Freude am Erfolg die aufgewandte Mühe reichlich lohnen.

Es ist daher nicht einzige Aufgabe dieses Kapitels, eine Anleitung zum Bau der Spulen für den Zweikreiser zu geben; darüberhinaus soll der Leser anhand des Rechengangs in die Lage versetzt werden, sich späterhin auch für andere Zwecke seine Spulen selbst zu berechnen und zu wickeln.

Wir erfuhren bereits im ersten Band, daß die Resonanzfrequenz eines Schwingkreises vom Wert der Induktivität

und dem der Kapazität abhängt. Nach der Thompson'schen Schwingungsformel besteht zwischen den drei Größen der Zusammenhang:

$$f = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{C \cdot L}}$$

(f in Hertz, C in Farad und L in Henry).

Da das Rechnen mit den Einheiten Farad und Henry für die Praxis reichlich umständlich ist, erweitern wir die Formel und erhalten:

$$f = \frac{159{,}2}{\sqrt{C \cdot L}}$$

Jetzt können wir C in pF und L in μH einsetzen. Die Frequenz ergibt sich dann in MHz.

Um auch die für einen Schwingkreis erforderliche Kapazität oder Induktivität errechnen zu können, stellen wir die Gleichung um und erhalten die Ausdrücke

$$C = \frac{25345}{f^2 \cdot L}$$

bzw.

$$L = \frac{25345}{f^2 \cdot C}$$

Unser Zweikreisempfänger soll im Kurzwellenbereich die Frequenzen zwischen 2 MHz und 6 MHz erfassen. Das Frequenzverhältnis beträgt also 2 : 6 oder 1 : 3. Diese Frequenzänderung soll von der beim Durchdrehen des Abstimmkondensators auftretenden Kapazitätsänderung bewirkt werden.

Da nach der Thompson'schen Schwingungsformel die Frequenzänderung jedoch in der Quadratwurzel der Kapazitätsänderung erfolgt (eine Kapazitätsänderung von beispielsweise 1 : 16 verursacht eine Frequenzänderung von 1 : 4), so muß die Änderung der Kapazität das Quadrat der gewünschten Frequenzänderung sein; in unserem Fall ist also

eine Kapazitätsänderung des Drehkondensators von $1 : 3^2 = 1 : 9$ erforderlich.

Die handelsüblichen Abstimmkondensatoren weisen in ausgedrehtem Zustand etwa 20 pF auf, in eingedrehtem rund 500 pF. Rechnet man an zusätzlicher Schalt- und Trimmerkapazität 40 pF hinzu, so besteht eine Anfangskapazität von 60 pF, eine Endkapazität von 540 pF. Das Kapazitätsverhältnis hat demnach bereits den verlangten Wert von 1 : 9.

Aus Abb. 11 ersehen wir, aus welchen Einzelkapazitäten sich die Gesamtkapazität eines Schwingkreises zusammensetzt.

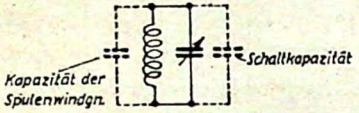


Abb. 11

Wenn im Kurzwellenbereich die Resonanzfrequenz bei kleinster Kapazität (60 pF) 6 MHz betragen soll, so muß die Spule eine Induktivität von

$$L = \frac{25345}{6^2 \cdot 60} \approx 12\,\mu H$$

aufweisen. Mit dieser Induktivität beträgt die Resonanzfrequenz dann bei eingedrehtem Kondensator zwangsläufig 2 MHz.

Im Mittelwellenbereich sollen die Frequenzen von 0,5 MHz — 1,5 MHz erfaßt werden; das Frequenzverhältnis ist also wieder 1 : 3. Die Kapazitätsänderung muß daher ebenfalls 1 : 9 sein. Mit den angenommenen Schalt- und Trimmerkapazitäten wurde diese Voraussetzung erfüllt.

In der Praxis wird zwar kaum der Fall eintreten, daß die Kapazitäten genau den Wert haben, den sie nach obiger Rechnung aufweisen müßten. Die Schaltkapazitäten, die sich

bei der Verdrahtung ergeben, kann man ja vorher nicht bestimmen. Es werden daher immer kleine Differenzen bestehen, die jedoch später beim Abgleich beseitigt werden.

Für den Mittelwellenbereich benötigen wir eine Induktivität, die bei ausgedrehtem Abstimmkondensator (60 pF) eine Resonanzfrequenz von 1,5 MHz ergibt. Folglich:

$$L = \frac{25345}{1{,}5^2 \cdot 60} \approx 188\ \mu H$$

Wir müssen allerdings berücksichtigen, daß die Mittelwellenspule in Serie mit der Kurzwellenspule liegt. Die Induktivitäten addieren sich also. Aus diesem Grunde darf die Mittelwellenspule nicht 188 μH, sondern muß 188 μH — 12 μH = 176 μH besitzen.

Im Schaltbild (Abb. 9) stellen L_2 und L_6 die Kurzwellenspulen für die beiden Abstimmkreise dar, L_4 und L_9 die entsprechenden Mittelwellenspulen.

Das Gerät des Verfassers wurde mit Topfkernspulen der Type MV 311 ausgerüstet. Diese Spulen wurden bereits während des Krieges entwickelt und in großer Zahl für den Bedarf der Wehrmacht hergestellt. Da sie sich gut bewährt haben, werden sie jetzt wieder angefertigt; ihre Beschaffung dürfte also keine Schwierigkeiten bereiten.

Es können aber auch andere Spulen, wie Görler F 201 (+ 3%), Görler F 202 (—6%), Görler F 272 (+3%), die Siemens-Haspelkernspule (—6%), die Dralowid-Würfelspule (+10%) oder die Allei-Einheitsspule (—1%) verwendet werden. Die in Klammern gesetzten Werte geben an, um wieviel Prozent die Windungszahlen der genannten Typen von den für die MV 311 erforderlichen Windungen nach oben oder unten abweichen müssen.

Die Induktivität einer Spule wächst quadratisch mit der Windungszahl. Außerdem sind ihre Form und das Kern-

material des Körpers von Einfluß. Die Errechnung der Windungszahl einer Eisenkernspule für eine bestimmte Selbstinduktion wird nach der Formel

$$n = \sqrt{L} \cdot k$$

vorgenommen.

k ist der sogenannte Formfaktor. Bei Topfkernspulen MV 311 beträgt sein Wert 162.

Für die Kurzwellenspulen der beiden Abstimmkreise (L_2 und L_6), deren Induktivität je 12 μH betragen soll, benötigen wir demnach eine Windungszahl:

$$n = \sqrt{0{,}012} \cdot 162 \approx 18 \text{ Windungen}$$

Bei Anwendung dieser Formel ist zu beachten, daß L in mH eingesetzt wird.

Die Mittelwellenspulen (L_4 und L_9) müssen eine Induktivität von je 176 μH besitzen. Also beträgt ihre Windungszahl:

$$n = \sqrt{0{,}176} \cdot 162 \approx 68 \text{ Windungen}$$

Die Ankopplung des Antennenkreises auf den Vorkreis und die des Anodenkreises von V_1 auf den Gitterkreis von V_2 sind von großem Einfluß auf die Trennschärfe. In Anbetracht der heutigen Überbesetzung an Sendern gerade im Mittelwellenbereich ist es ratsam, mit loser Kopplung zu arbeiten. Wir bemessen daher die Ankopplungsspulen für die Mittelwelle mit etwa 15% der zugehörigen Schwingkreisspulen. L_3 und L_8 erhalten folglich je 10 Windungen.

Die Kurzwellenankopplungsspulen werden mit etwa 30% der entsprechenden Abstimmspulen gewickelt. Für L_1 und L_5 ergeben sich dann je 6 Windungen.

Die Rückkopplungsspulen L_7 und L_{10} erhalten 4 bzw. 10 Windungen.

Der Übersichtlichkeit halber sind die erforderlichen Windungszahlen der Topfkernspulen MV 311 in Tabelle I nochmals zusammengefaßt.

Tabelle I

Spulen:	L_1, L_5	L_3, L_8	L_2, L_6	L_4, L_9	L_7	L_{10}
Windungszahlen:	je 6 Wdg.	je 10 Wdg.	je 18 Wdg.	je 68 Wdg.	4 Wdg.	10 Wdg.

Zum Wickeln benötigen wir insgesamt 4 Topfkerne. Die zusammengehörigen Induktivitäten (L_1, L_2; L_3, L_4; L_5, L_6, L_7; L_8, L_9, L_{10}) werden auch gemeinsam auf je einem Körper untergebracht.

Die Topfkernspule MV 311 besitzt 4 Kammern zum Aufnehmen der Windungen. (Abb. 12). Beim Bewickeln gehen wir in der Weise vor, daß wir die Bodenplatte mit der linken Hand festhalten und mit der rechten die Windungen einlegen. Aus Tabelle II geht hervor, wie die verschiedenen Spulen der 4 Spulengruppen auf die Kammern verteilt werden.

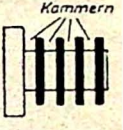


Abb. 12

Tabelle II

Kammern:	1	2	3	4
1. Gruppe:	L_1	L_2	—	—
2. Gruppe:	L_3	L_4		—
3. Gruppe:	L_5	L_6	L_7	—
4. Gruppe:	L_8	L_9		L_{10}

Das Wickeln der in den einzelnen Kammern eines Körpers unterzubringenden Spulen muß immer im gleichen Sinn erfolgen. Um ein Lösen der Windungen zu vermeiden, binden wir die Spulenenden mit Zwirn auf dem Kern fest oder streichen etwas Kabelkitt in die Kammern. Bevor wir die Körper verschrauben, kennzeichnen wir die einzelnen Drähte. Im Schaltbild des Zweikreisers sind die Anfänge und Enden ebenfalls mit A bzw. E markiert; bei der späteren Verdrahtung werden die Verbindungen zwischen den einzelnen Spulen dann so vorgenommen, wie in der Schaltung angegeben.

Verwechslungen der Spulenanschlüsse im Vorkreis würden eine mehr oder weniger große Verstimmung hervorrufen; im Audionkreis hätte ein Vertauschen zur Folge, daß die Rückkopplung nicht arbeitet. Sollte späterhin dennoch dieser letztere Fall eintreten, so muß die Rückkopplungsspule umgepolt werden.

Die Spulen L_4 und L_9 werden aus Hochfrequenzlitze, alle übrigen aus Kupferlackdraht (0,2 mm ∅) gewickelt. Die Verwendung stärkerer Lackdrähte empfiehlt sich nicht, da deren Unterbringung in den verhältnismäßig kleinen Kammern Schwierigkeiten bereiten würde.

Das Abisolieren des Kupferlackdrahtes nehmen wir durch Abschaben der Emailleschicht mit einem Messer vor. Wer Hochfrequenzlitze in der gleichen Weise von der Isolation befreien möchte, muß sehr vorsichtig zu Werke gehen, um kein Äderchen abzureißen! Dieses Verfahren ist daher bei HF-Litze sehr mühsam und erfordert viel Geduld.

Besser ist folgende Lösung: Man erhitzt die Hochfrequenzlitze an dem abzuisolierenden und zu verzinnenden Ende über einer nicht rußenden Flamme und schreckt sie dann sofort in Spiritus ab. Hierdurch wird der Lack von den einzelnen Litzendrähten entfernt; diese lassen sich jetzt leicht verzinnen. Beim Erhitzen muß man jedoch einmal darauf

achten, daß die Drähtchen nicht verbrennen; andererseits muß die Litze beim Eintauchen in den Spiritus aber so heiß sein, daß sich der Lack auch löst. Man wird zweckmäßigerweise erst einige Proben machen, um etwas Übung zu bekommen, ehe man mit dem Abisolieren der Spulen beginnt.

4. Winke für den Aufbau

Das Gerät des Verfassers wurde mit den Rimlockröhren EF 41 (V_1), EF 42 (V_2) und EL 41 (V_3) bestückt. Im Gegensatz zur EF 41, deren Bremsgitter schon im Innern des Glaskolbens mit der Katode verbunden ist, besitzt die EF 42 einen besonderen Bremsgitteranschluß. Abb. 13 zeigt,

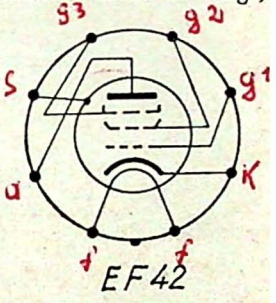


Abb. 13

wie die Kontakte verteilt sind, wenn man die EF 42 von unten betrachtet.

Wegen ihres geringen Platzbedarfes gestatten die Rimlockröhren einen dichteren Aufbau auch der übrigen Einzelteile, so daß wir mit einem Chassis von 170x270x50 mm gut auskommen. Diejenigen Leser, die den im ersten Band beschriebenen Einkreiser oder den im ersten Abschnitt dieses Buches gebrachten Reflexempfänger gebaut haben, können daher auf das bereits vorhandene Aufbaugestell zurückgreifen, sofern Rimlockröhren benutzt werden. Sollen dagegen Stahlröhren oder andere, mehr Platz beanspruchende Typen eingebaut werden, so empfiehlt es sich, das Chassis etwas

größer zu wählen, da der Aufbau sonst zu gedrängt ausgeführt werden müßte.

V_1 ist eine Röhre mit gekrümmter Kennlinie (Regelröhre); solche mit gerader eignen sich nicht zu einer Lautstärkeregelung durch Veränderung der Gittervorspannung. Außer der EF 41 weisen neben anderen die AF 3, EF 2, EF 3, EF 5, EF 11, EF 13 und RV 12 P 2001 die gewünschte Eigenschaft auf. Soll der Empfänger für Allstrombetrieb gebaut werden, so sind entsprechende Röhren der U-Serie zu verwenden.

Für V_2 ist möglichst ein Rohr mit gerader Kennlinie zu wählen. Wir sprachen bereits in Abschnitt C, Kapitel 2, über die Wirkungsweise des Richtverstärkers. Für die Aufgabe der V_2 sind daher alle gewöhnlichen Pentoden geeignet. (AF 7, EF 1, EF 6, EF 7, EF 12, RV 12 P 2000, RV 12 P 4000 u. a. m.)

Von den Typen, die neben der EL 41 als Lautsprecherröhren brauchbar sind, wurden bereits verschiedene im ersten Band erwähnt, eine nochmalige Aufzählung soll dem Leser daher erspart bleiben.

Die Abbildungen 14 und 15 zeigen den spielfertigen Zweikreiser in zwei Ansichten. Die drei Empfängerröhren befinden sich in einer Linie auf der linken Seite der Aufbauplatte. Die Aussparungen im Aluminiumchassis können entweder mit der Laubsäge oder durch Ausbohren angefertigt werden. Bei der zuletzt erwähnten Möglichkeit gehen wir in der Weise vor, daß wir zunächst in dem auszuschneidenden Stück mit einem 3 oder 3,5 mm starken Bohrer einen Lochkreis bohren (Abb. 16). Die Löcher sollen so dicht wie möglich nebeneinander liegen. Anschließend läßt sich das Mittelstück ohne Mühe durch einige leichte Hammerschläge heraustreiben. Der Grat wird mit einer Feile entfernt.

In der Mitte des Gestells sind der Zweifachdrehko und die Trimmer aufgeschraubt. Ersterer wird von der Skala an-

getrieben, die durch eine Muffe mit der Drehkoachse verbunden ist. Es empfiehlt sich, den Abstimmkondensator unter Zwischenlage von Gummipuffern zu montieren. Durch diese Maßnahme kann er sowohl vertikal als auch horizontal etwas federn. Falls nämlich die Drehkoachse mit der Skalenachse nicht genau zentrisch läuft, würde bei starrer Mon-

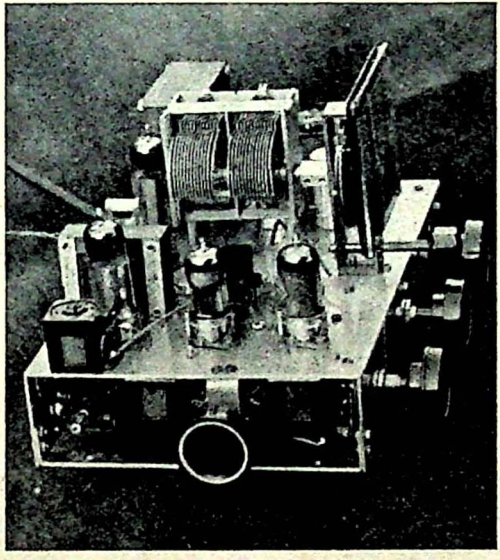


Abb. 14

tage die Antriebsvorrichtung mehr oder weniger stark klemmen.

Auf der rechten Oberseite des Chassis ist der Netzteil mit der Gleichrichterröhre angeordnet. Der Lautsprechertransformator liegt neben der Endröhre.

Unterhalb der Aufbauplatte befindet sich auf der linken Seite der Wellenschalter. Er muß 4 Kontakte und 2 Schalt-

stellungen besitzen. Im Gerät des Verfassers wurde ein keramischer Schalter des Fabrikats „Mayr“ eingebaut. Die Befestigung erfolgt durch Einlochmontage auf einem 15 mm

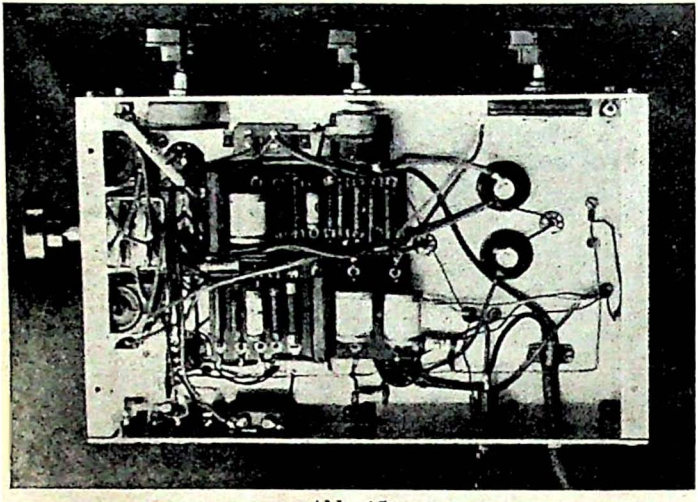


Abb. 15

breiten und 1,5 mm starken Aluminiumstreifen, der mit dem Chassis und der Verstrebungsschiene verschraubt wird. Die Widerstände und Kleinkondensatoren sind auf zwei nebeneinanderliegenden Klemmenbrettchen angebracht,

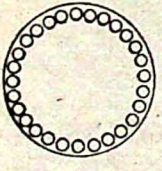


Abb. 16

deren Selbstanfertigung bereits beschrieben wurde. Die vier Spulenkörper werden so im Empfänger verteilt, daß man mit möglichst kurzer Leitungsführung auskommt.

An der Frontseite links liegt der Lautstärkeregler P_1, in der Mitte das Klangfarbenpotentiometer P_2, das mit dem Netzschalter kombiniert ist. Der Rückkopplungskondensator ist an der rechten Seite angebracht. Das Sicherungselement, die Buchsen für Antenne und Erde sowie die Netzkabeleinführung befinden sich an der Rückseite.

5. Der Abgleich

Wenn wir den Empfänger nach der Verdrahtung probeweise einschalten und mit einer gewissen Genugtuung feststellen, daß alles in Ordnung ist, weil das Gerät ja spielt, so ist unsere Arbeit trotzdem nicht beendet. Jetzt beginnen wir nämlich mit einer Tätigkeit, durch die dem Apparat der „letzte Schliff", das bestmögliche an Empfindlichkeit und Trennschärfe, vermittelt werden soll: Dem Abgleich.

Selbst wenn wir unseren Zweikreiser mit Spulen aufgebaut haben, deren Induktivitäten im ersten und zweiten Kreis genau übereinstimmen, und bei der Annahme, daß die Trimmer- und Drehkokapazitäten beider Abstimmkreise gleich groß sind, haben sich letzten Endes durch die Verdrahtung doch wieder Differenzen ergeben, die nun beseitigt werden müssen. Hinzu kommt, daß sich die Induktivität der Vorkreisspulen durch den Einfluß der Antenne ändert. Der Abgleich soll also bewirken, daß die Induktivitäten und Kapazitäten beider Kreise übereinstimmen, denn nur unter dieser Bedingung gleichen sich die Resonanzfrequenzen der zwei Schwingkreise auf der gesamten Skalenbreite.

Es ist zwar ohne weiteres möglich, für einen bestimmten Sender beide Kreise dadurch in Resonanz zu bringen, daß wir den Trimmer oder den Spulenkern des Vorkreises solange verändern, bis die Station in der größtmöglichsten Lautstärke einfällt. Je mehr wir aber anschließend den Drehkondensator nach der einen oder anderen Seite hin weiterdrehen, um einen neuen Sender einzustellen, desto größer wird der Gleichlauffehler wieder. An jeder anderen Stelle

der Skala müßten wir dann in derselben Weise vorgehen, um Resonanzgleichheit zu erzielen; das wäre also ein reichlich umständliches Verfahren. Aus Abb. 17 ist zu ersehen, wie die Fehlerkurve eines auf diese Art „abgeglichenen" Zweikreisers ungefähr verlaufen würde. Bei einem richtigen Abgleich dagegen decken sich die Frequenzkurven der beiden Schwingkreise.

Es ist einleuchtend, daß die Veränderung eines Trimmers um einen gewissen Betrag, sagen wir 25 pF, prozentual eine

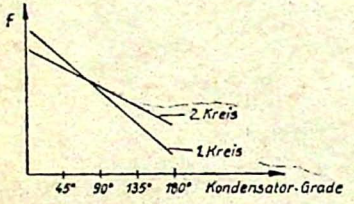


Abb. 17

größere Frequenzänderung hervorruft, wenn der Drehkondensator sich in ausgedrehter Stellung befindet und nur seine Anfangskapazität, nehmen wir 20 pF an, aufweist, als wenn der Abstimmkondensator eingedreht ist (Endkapazität 500 pF).

Die Kapazität dieses Trimmers soll sich von 5 pF auf 30 pF erhöht haben. Dann ist die Gesamtkapazität des Schwingkreises 50 pF, hat sich also verdoppelt (Kapazitätsverhältnis 1 : 2). Da die Frequenzänderung in der Quadratwurzel der Kapazitätsänderung erfolgt, ist die Frequenz von ihrem ursprünglichen Wert f_1 auf

$$\frac{f_1}{\sqrt{2}} = \frac{f_1}{1{,}41}$$

zurückgegangen.

Am Ende der Skala bewirkt die gleiche Erhöhung der Trimmerkapazität eine Vergrößerung der Gesamtkapazität

von 505 pF auf 530 pF. Das Kapazitätsverhältnis beträgt dann 505 : 530 oder 1 : 1,05. Der Einfluß dieser Kapazitätsänderung auf die Schwingungszahl pro Sekunde ist entsprechend schwächer. Die Frequenz verringert sich von ihrem bisherigen Wert f_2 lediglich auf

$$\frac{f_2}{\sqrt{1{,}05}} = \frac{f_2}{1{,}027}.$$

Für die Praxis können wir daraus folgenden Merksatz ableiten: Am Skalenanfang muß mit den Trimmern, am Skalenende mit den Eisenkernen der Spulen abgeglichen werden.

Nach dieser kurzen Betrachtung können wir mit der eigentlichen Arbeit beginnen. Der Übersichtlichkeit halber sind die Abstimmelemente unseres Zweikreisers in Abb. 18 nochmals herausgezeichnet.

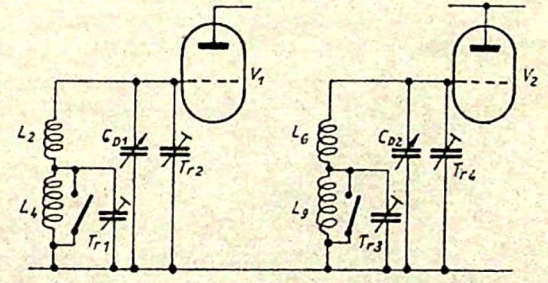


Abb. 18

Vorher kontrollieren wir, ob sich bei eingedrehtem Abstimmkondensator der Skalenzeiger auch tatsächlich in seiner Endstellung befindet. Etwaige Unstimmigkeiten werden durch Verstellen der Achsen von Drehko und Skala ausgeglichen. Zu diesem Zweck wird vorher die Verbindungsmuffe gelöst.

Als erstes stimmen wir den Kurzwellenbereich des Gerätes ab. Da ein geeichter Meßsender in den wenigsten Fällen zur Verfügung stehen wird, andererseits die Ermittlung der Frequenzen der empfangenen Kurzwellensender nach einer Stationstabelle ziemlich zeitraubend ist, beschränken wir uns beim Abgleich der Kurzwelle darauf, Empfindlichkeit und Trennschärfe auf den bestmöglichen Stand zu bringen; eine Eichkurve kann später immer noch angefertigt werden, falls eine solche erwünscht ist.

Wir stellen den Empfänger zunächst auf einen Sender im Anfangsbereich der Skala ein und merken uns die Lage des Zeigers. Dann verändern wir den Trimmer T_{r_2} im Vorkreis solange, bis die Station in ihrer größten Lautstärke einfällt.

Jetzt drehen wir den Zeiger auf einen Sender im Endbereich und halten seine Stellung auf der Skala ebenfalls fest. Diese Station wird durch Veränderung des Eisenkerns von Spule L_2 auf höchste Lautstärke gebracht.

Nun stellen wir den Skalenzeiger auf den ersten Sender zurück und das gleiche Spiel beginnt von neuem. Da diese Station durch die Veränderung der Spule L_2 jetzt etwas leiser geworden ist, gleichen wir den entstandenen Verlust durch Betätigen des Trimmers T_{r_2} wieder aus. Sodann drehen wir den Zeiger auf den Sender am Ende der Skala und bringen diesen durch Betätigen des Eisenkerns von L_2 abermals auf größte Lautstärke.

Wir werden bald bemerken, daß wir nach jeder Neueinstellung Trimmer und Eisenkern weniger zu verändern brauchen, um die beste Lautstärke zu erhalten. Nach der dritten oder vierten Wiederholung ist die Abweichung dann so gering geworden, daß sich ein weiteres Nachstellen erübrigt; die Kurzwelle ist jetzt richtig abgeglichen.

Der Trimmer T_{r_4} und die Spule L_6 sind nur dann zu betätigen, wenn der Kurzwellenbereich nach höheren oder nied-

rigeren Frequenzen hin erweitert werden soll. Durch die Abgleichelemente der Röhre V_2 wird nämlich die Eichung des Empfängers beeinflußt. Die Abstimmorgane des Vorkreises dagegen beeinträchtigen lediglich den Gleichlauf. Wird Tr_4 oder L_6 verändert, so ist nochmals ein Abgleich in der oben beschriebenen Weise durchzuführen, denn nach dem endgültigen Abstimmen bringt jede weitere Veränderung wieder eine Störung der Resonanzgleichheit mit sich.

Im Mittelwellenbereich müssen zunächst die empfangenen Sender mit der Skaleneichung in Übereinstimmung gebracht werden. Am Anfang der Skala wird die Korrektur etwa vorhandener Abweichungen durch den Trimmer Tr_3 vorgenommen, am Ende durch den Eisenkern der Spule L_9. Nach mehrmaliger Wiederholung haben wir dann die Eichung auf der gesamten Skalenbreite richtiggestellt. Danach dürfen jedoch die Abgleichorgane des zweiten Kreises nicht mehr verändert werden.

Nun beginnt die Einstellung des Vorkreises. Wir gehen wieder so vor, wie bereits bei der Kurzwelle beschrieben worden ist. Wir suchen uns eine Station am Skalenanfang und bringen sie durch den Trimmer Tr_1 auf beste Lautstärke. Den zweiten Sender im Endbereich stellen wir mit Hilfe des Eisenkerns der Spule L_4 auf lautesten Empfang ein. Nach öfterer Wiederholung (ebenfalls drei- bis viermal) besteht auch im Mittelwellenbereich Übereinstimmung zwischen beiden Kreisen.

Jetzt erst haben wir unseren Empfänger auf seinen besten Leistungsstand gebracht. Dem Anfänger mag das Verfahren recht umständlich erscheinen; ein guter Gleichlauf läßt sich jedoch auf andere Weise nicht erreichen.

Erwähnt sei noch, daß nach dem Abgleich der Mittelwelle auch der Kurzwellenbereich nicht mehr geändert werden darf, da sonst die Mittelwelle wieder verstimmt würde.

6. Sperr- und Saugkreise

Sofern ein stärkerer Sender (Orts- oder Bezirkssender) in der Nähe unseres Empfangsortes arbeitet, kann trotz besten Abgleichs und somit guter Trennschärfe auch bei einem Zweikreiser mitunter der Fall eintreten, daß diese Station über einen ziemlich großen Bereich der Skala zu hören ist. Das stört natürlich sehr, wenn man gerade dem Programm eines frequenzbenachbarten, schwächeren Senders lauscht und dabei gezwungen ist, die Darbietungen der Ortsstation mitzuhören. Diesem „Durchschlagen" eines Senders ist verhältnismäßig leicht mit einem Sperr- oder Saugkreis abzuhelfen.

Ein Sperrkreis ist nichts weiter als ein abstimmbarer Parallelschwingkreis, den man in die Zuleitung der Antenne zum Apparat schaltet (Abb. 19). Für die Frequenz, auf die der Sperrkreis gerade eingestellt ist, hat sein Wechselstromwiderstand einen sehr hohen Wert. Je verlustfreier Konden-

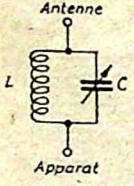


Abb. 19

sator C und Spule L sind, desto größer ist der Widerstand für die Resonanzfrequenz. Alle anderen Frequenzen jedoch können den Sperrkreis ungehindert auf ihrem Wege zur Antennenbuchse des Empfängers passieren. Durch Betätigen des Drehkondensators C haben wir es also in der Hand, einen unerwünschten Sender auszusperren oder zumindest so abzuschwächen, daß er nicht mehr störend in Erscheinung tritt.

Gerade umgekehrt ist die Wirkungsweise des Saugkreises. Während der Sperrkreis direkt in die Antennenleitung

geschaltet wird, liegt ersterer parallel zur Antennenspule (Abb. 20); neu ist uns hier die Serienschaltung von L und C. Da der Wechselstromwiderstand des Saugkreises für seine Resonanzfrequenz fast Null ist, wird ein Störsender, auf den der Kreis gerade abgestimmt ist, kurzgeschlossen und somit zur Erde „abgesaugt"; er kann sich also in der Antennenspule bereits nicht mehr auswirken. Alle anderen Frequenzen werden jedoch kaum beeinflußt, da der Saugkreis für diese zwar keinen unendlich großen, aber einen immer noch höheren Widerstand darstellt, als die Antennenspule.

Sperr- und Saugkreis unterscheiden sich lediglich in ihrer Arbeitsweise. Die Ergebnisse, die erzielt werden, sind die gleichen; es soll daher dem Leser überlassen bleiben, welche

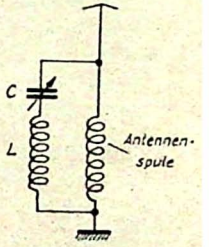


Abb. 20

Art er für sein Gerät bevorzugt. Als Drehkondensator genügt oft schon eine Hartpapierausführung. L ist eine Eisenkernspule mit der Induktivität einer gewöhnlichen Mittelwellenspule. Da die beiden Einzelteile nicht viel Platz beanspruchen, ist es in den meisten Fällen möglich, sie im Empfänger selbst unterzubringen. Die Bedienung des Drehkos kann dann von der Rückseite aus erfolgen.

Für den Kurz- oder Langwellenbereich sind Sperr- bzw. Saugkreise nicht erforderlich.

D. Das Überlagerungsprinzip

Alle bisher besprochenen Rundfunkschaltungen fallen unter die Sammelbezeichnung „Geradeausempfänger", einerlei, ob wir nun einen Einkreiser, ein Reflexgerät oder einen Zweikreiser vor uns haben. Es handelt sich hier um Schaltungen, bei denen die Senderschwingungen von der Empfangsantenne bis zur Demodulatorstufe keinerlei Umwandlung in Bezug auf ihre Frequenz selbst unterworfen sind. Alle Schwingkreise eines solchen Gerätes müssen daher veränderlich sein, um auf die Frequenz des Senders abgestimmt werden zu können, den man gerade zu empfangen wünscht. In den einzelnen Stufen findet lediglich eine Verstärkung statt. Abb. 21 zeigt uns das Blockschema eines Geradeausempfängers.

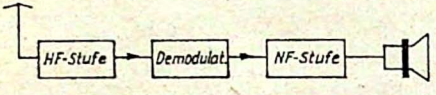


Abb. 21

Wir wissen, daß die Trennschärfe eines Rundfunkgerätes von der Zahl seiner Schwingkreise abhängt. Ein Apparat mit vier Kreisen wird also den heutigen Verhältnissen im Mittelwellenbereich eher gerecht werden können als beispielsweise ein Zweikreiser. Wollten wir jedoch einen Vierkreisempfänger in der bisher besprochenen Geradeausschaltung aufbauen, so brauchten wir einen Drehkondensator, der aus vier von einer Achse aus zu bedienenden Einzelkondensatoren besteht. Dieser Drehko wäre einerseits ziemlich teuer, zum andern würde er reichlich viel Platz beanspruchen. Sollte ein Gerät gar sechs oder acht Abstimmkreise bekommen, so wäre die praktische Ausführung kaum noch möglich. Außerdem würde die Gesamtresonanzkurve eines mit derart vielen veränderlichen Abstimmkreisen versehenen Empfängers niemals gleichmäßig bei allen Frequenzen sein. Der Kopplungsgrad der einzelnen Spulen hängt nämlich nicht

nur von ihrem gegenseitigen Abstand ab; je nachdem, ob höhere oder tiefere Frequenzen übertragen werden, ist die Festigkeit der Kopplung eine andere. Mit dem Kopplungsgrad ändert sich aber gleichzeitig die Resonanzkurve.

Oben erwähnte Schwierigkeiten lassen sich nun durch Anwendung eines anderen Empfangsprinzips, nämlich der Superheterodyne-, auch Super- oder Überlagerungsschaltung genannt, in eleganter Weise umgehen.

Im Gegensatz zu einem Geradeausgerät wird beim Super die Empfangsfrequenz nicht unverändert bis zum Demodulator geführt, sondern schon in der Eingangsstufe mit einer Hilfsfrequenz (Oszillatorfrequenz) im sogenannten Mischteil überlagert. Die Hilfsfrequenz wird im Gerät selbst erzeugt. Aus der Empfangs- und Oszillatorfrequenz bildet sich eine dritte (Zwischenfrequenz), die dann in einer oder mehreren Zwischenfrequenzstufen verstärkt und anschließend demoduliert wird. Die entstehende Tonfrequenz leitet man, genau wie bei einem Geradeausempfänger, über einen Niederfrequenzverstärker dem Lautsprecher zu.

Durch entsprechende Anpassung der Oszillatorfrequenz an die jeweils eingestellte Senderfrequenz wird erreicht, daß die entstehende Zwischenfrequenz immer den gleichen Wert hat. Auf diese Weise ist es möglich, mit nur zwei veränderlichen Kreisen (Eingangs- und Oszillatorkreis) auszukommen, gleichgültig, ob nun insgesamt vier oder mehr Schwingkreise vorhanden sind. Die Zwischenfrequenzkreise brauchen nur einmal abgeglichen zu werden und bleiben dann unverändert. In Abb. 22 ist die schematische Darstellung eines Supers zu sehen.

Zum genaueren Verständnis der einzelnen Vorgänge wollen wir uns zunächst mit dem Prinzip der Überlagerung zweier Schwingungen vertraut machen. Stellen wir uns zu diesem Zweck eine Elektronenröhre vor, die zwei Steuergitter besitzt. (Abb. 23). Am 1. Gitter soll eine Frequenz von 500

kHz wirken, am 2. Gitter eine solche von 1200 kHz. Die Steuerung des Anodenstroms erfolgt jetzt durch beide Gitter. Da sich die Amplituden der zwei verschiedenen Schwingungen in jedem Zeitaugenblick addieren, entsteht an der Anode eine dritte Frequenz, deren Wert sich aus der Differenz der beiden ersteren zu 1200 kHz — 500 kHz =

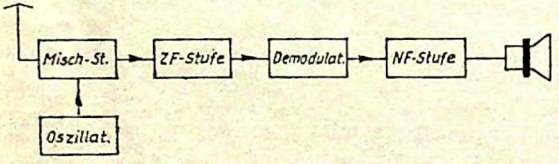


Abb. 22

700 kHz ergibt. Verringern oder erhöhen wir die Frequenz am 1. Steuergitter, so müssen wir auch die Frequenz am 2. Steuergitter um den gleichen Betrag ändern, damit die sich an der Anode ausbildende Zwischenfrequenz konstant bleibt.

Daraus ergibt sich folgender Merksatz: Die Oszillatorfrequenz (am Gitter 2) muß entweder nach oben oder nach

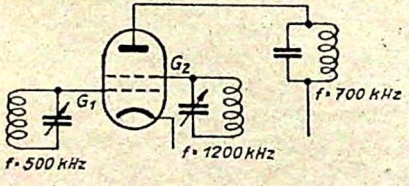


Abb. 23

unten um den Betrag der Zwischenfrequenz von der Empfangsfrequenz (am Gitter 1) abweichen.

Das läßt sich verhältnismäßig leicht durch richtige Bemessung des Eingangs- und Oszillatorabstimmkreises erreichen. In der Praxis wählt man die Oszillatorfrequenz meist höher als die Empfangsfrequenz. Für den Kurz-, Mittel- und Langwellenbereich hat man die Zwischenfrequenz auf

468 kHz bzw. 473 kHz festgelegt, weil diese Schwingungszahlen außerhalb des Bereichs von Rundfunkstationen liegen.

In Abb. 24 sehen wir die grundsätzliche Schaltung der Mischstufe eines Überlagerungsempfängers. V_1 ist eine sogenannte Verbundröhre. Sie besteht aus einer Triode, die zur Erzeugung der Oszillatorschwingungen dient, und einem Sechspolsystem, in dem die Überlagerung der Empfangs- mit der Oszillatorfrequenz vor sich geht. Zu letzterem Zweck ist das Steuergitter der Triode bereits im Innern des Glaskolbens mit dem 3. Gitter der Hexode verbunden.

Der Eingangskreis erhält die Empfangsfrequenz auf induktivem Wege von der Antenne und wird mit Hilfe eines Drehkondensators auf die zu empfangende Station abge-

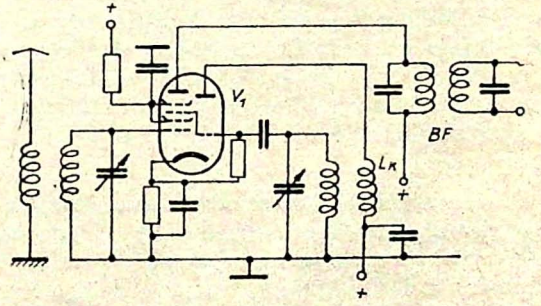


Abb. 24

stimmt. Die Senderfrequenz wirkt also am 1. Steuergitter des Hexodensystems.

Der Oszillator ist nichts weiter als ein Audion, dessen Rückkopplungsspule L_K so fest mit der Oszillatorspule gekoppelt ist, daß der Kreis schwingt. Die Abstimmung des Oszillators erfolgt durch einen zweiten Drehkondensator.

Die Hexode wird jetzt am 1. und 3. Gitter von zwei verschiedenen Frequenzen gesteuert; infolgedessen bildet sich

an deren Anode die Zwischenfrequenz aus, die dann über ein Bandfilter BF zur nächsten Verstärkerstufe geleitet wird.

Auffällig ist bei dem Hexodensystem das Vorhandensein zweier Schirmgitter (Gitter 2 und Gitter 4). Gitter 2 hat die Aufgabe, die Oszillatorfrequenz vom Eingangskreis abzuschirmen, um Rückwirkungen zu vermeiden. Außerdem erhält man durch die zwei positiven Schirmgitter eine günstigere Regelkurve für die später noch zu besprechende automatische Schwundregelung.

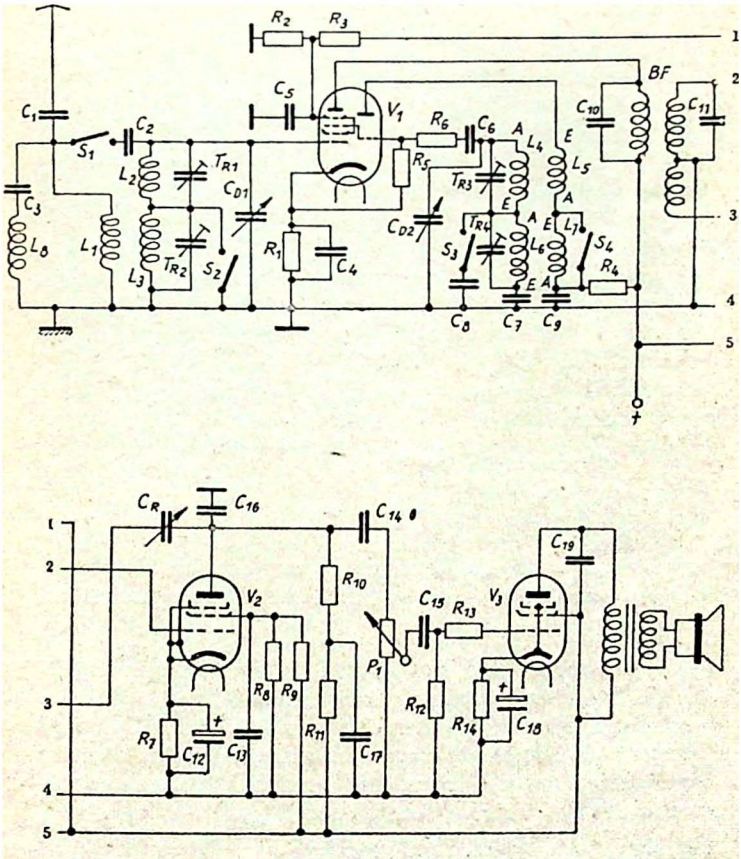
E. Wir bauen einen Vierkreissuper

1. Besprechung der Schaltung

Das vollständige Schaltbild eines für Kurz- und Mittelwellenempfang eingerichteten Vierkreissupers ist in Abb. 25 wiedergegeben. Auf die Langwelle wurde vorerst verzichtet, weil die Zahl der in diesem Bereich arbeitenden Sender sowieso nicht sehr groß ist; außerdem soll unser erster Super nicht komplizierter werden, als für den Anfang wünschenswert ist.

Etwas ungewöhnlich erscheint zunächst die Schaltungstechnik im Empfängereingang. Die Antennenspannung gelangt über den Kondensator C_1 zur Spule L_1 und von dort induktiv auf die Mittelwellenspule L_3 des ersten Schwingkreises. Die Zuführung der Hochfrequenz zum Steuergitter des Hexodensystems der Röhre V_1 erfolgt über die in Serie zu L_3 liegende Kurzwellenspule L_2. Im Bereich „Mittelwelle" setzt sich also die Gesamtinduktivität des Abstimmkreises in bekannter Weise aus den Teilinduktivitäten L_2 und L_3 zusammen.

Beim Empfang der Kurzwelle sind die Schalter S_1 und S_2 geschlossen. Die Spule L_3 ist damit außer Betrieb gesetzt, gleichzeitig wird aber über den Kondensator C_2 eine Verbindung der Antenne mit dem „heißen" Ende von L_2



R2
R3
1
BF
2
C5
C1
C2
V1
R6
C6
A
L4
E
C10
C11
S1
TR1
R5
L5
L2
TR3
CD1
C3
E
A
3
CD2
TR4
E
L7
L8
L1
R1
C4
S3
L6
S4
TR2
S2
L3
R4
E
A
4
C8
C7
C9
5
+
CR
C16
C14
1
C19
2
R10
V2
C15
R13
V3
P1
R8
R9
R12
3
R14
C18
R7
C12
C13
R11
C17
4
5

Abb. 25

Stückliste zu Abb. 25

R_1 = 1 kOhm, 0,25 W
R_2 = 30 kOhm, 1 W
R_3 = 20 kOhm, 1 W
R_4 = 30 kOhm, 0,5 W
R_5 = 30 kOhm, 0,25 W
R_6 = 100 Ohm, 0,25 W
R_7 = 2 kOhm, 0,25 W
R_8 = 50 kOhm, 0,5 W
R_9 = 700 kOhm, 0,5 W
R_{10} = 100 kOhm, 0,5 W
R_{11} = 10 kOhm, 0,5 W
R_{12} = 1 MOhm, 0,25 W
R_{13} = 1 kOhm, 0,25 W
R_{14} = 170 Ohm, 0,5 W
P_1 = Potentiometer 1 MOhm log
C_{D1}/C_{D2} = 2x500 pF (Luftdrehko)
C_R = 250 pF (Hartpapierdrehko)
T_{r1}—T_{r4} = je 30 pF (Trimmer)

C_1 = 500 pF, 250 V
C_2 = 25 pF, 250 V
C_3 = 150 pF, 250 V
C_4 = 0,1 µF, 125 V
C_5 = 0,5 µF, 250 V
C_6 = 40 pF, 250 V
C_7 = 350 pF, 250 V
C_8 = 5000 pF, 250 V
C_9 = 20 000 pF, 250 V
C_{10} = 150 pF, 250 V
C_{11} = 150 pF, 250 V
C_{12} = 25 µF, 12 V (Elko)
C_{13} = 0,25 µF, 125 V
C_{14} = 20 000 pF, 250 V
C_{15} = 20 000 pF, 250 V
C_{16} = 70 pF, 250 V
C_{17} = 0,5 µF, 250 V
C_{18} = 25 µF, 12 V (Elko)
C_{19} = 5000 pF, 500 V

hergestellt. (Unter „heißem" Ende versteht der Rundfunktechniker eine Leitung, die gegen Masse hochfrequentes Potential führt.)

Kondensator C_3 und Spule L_8 bilden einen Saugkreis, der auf die Zwischenfrequenz abgestimmt ist. Seine Aufgabe besteht darin, einen möglicherweise gerade auf der Zwischenfrequenz einfallenden Telegrafiesender gleich im Empfängereingang kurzzuschließen. Andernfalls könnte diese Station in den Zwischenfrequenzteil eindringen; die Folge wäre, daß sie an jeder beliebigen Stelle der Skala mitgehört würde. T_{r1} und T_{r2} dienen zum Abgleich des Vorkreises.

Die Vorspannung für das Steuergitter der Hexode entsteht automatisch am Widerstand R_1, der für die Hochfrequenz durch den Kondensator C_4 überbrückt ist. Die

Widerstände R_2 und R_3 arbeiten als Spannungsteiler zur Einstellung der Schirmgitterspannung. C_5 ist der Schirmgitterkondensator.

Die Triode von V_1 ist als rückgekoppeltes Audion zur Erzeugung der Oszillatorschwingungen geschaltet. R_5 stellt den Gitterableitwiderstand dar, C_6 den Gitterkondensator. Der Widerstand R_6 bewirkt, daß die Amplituden der Oszillatorschwingungen in jeder Stellung des Drehkondensators C_{D2} annähernd konstant sind.

Im Mittelwellenbereich wird die Oszillatorfrequenz durch die Spulen L_4 und L_6, die Trimmer T_{r3} und T_{r4}, den Kondensator C_7 und den Drehko C_{D2}, im Kurzwellenbereich dagegen (Schalter S_3 und S_4 geschlossen) durch die Spule L_4, den Trimmer T_{r3} und die Kondensatoren C_8 und C_{D2} bestimmt. Aufgabe von C_7 bzw. C_8 ist, das Verhältnis der wirksamen Kapazitätsänderung beim Abstimmen von C_{D2} herabzusetzen. Eingehender sprechen wir darüber im 2. Kapitel dieses Abschnitts.

Die Anodenspannung wird dem Oszillatorsystem über den Widerstand R_4 und die Rückkopplungsspulen L_7 und L_5 zugeführt. C_9 verbindet das untere (kalte) Ende von L_7 hochfrequenzmäßig mit Masse.

Die nach der Mischung der Eingangs- mit der Oszillatorfrequenz an der Anode der Hexode auftretende Zwischenfrequenz gelangt über ein zweikreisiges Bandfilter BF zum Steuergitter der Röhre V_2, die als Anodengleichrichter arbeitet. Zur Erhöhung der Empfindlichkeit ist eine Rückkopplung vorgesehen, deren Grad durch den Kondensator C_R geregelt werden kann.

Die Lautstärke läßt sich mit Hilfe des Potentiometers P_1 regulieren; an P_1 entsteht ein niederfrequenter Spannungsabfall, von dem der Schleifkontakt je nach seiner Stellung einen mehr oder weniger großen Teil abgreift. C_{15} und R_{13} leiten die Niederfrequenz zum Steuergitter der Lautsprecherröhre V_3.

Über die restlichen Einzelteile brauchen wir uns nicht näher zu unterhalten, da uns deren Aufgaben aus den vorhergehenden Abschnitten bereits bekannt sein dürften. Wer den bisherigen Ausführungen mit einiger Aufmerksamkeit gefolgt ist, wird die Bedeutung der übrigen Schaltelemente ohne weiteres selbst erkennen.

2. Bau der Spulen und des Bandfilters

Der Eingangs- und Oszillatorschwingkreis unseres Supers müssen so bemessen sein, daß die Differenz beider Resonanzfrequenzen in jedem Fall der gewünschten Zwischenfrequenz von 468 kHz gleichkommt, unabhängig davon, ob die sich auf einer gemeinsamen Achse befindenden Abstimmkondensatoren nun ein- oder ausgedreht sind.

Da das Gerät für Kurz- (12 MHz — 4 MHz) und Mittelwellenempfang (1500 kHz — 500 kHz) eingerichtet werden soll, besteht an den Eingangskreis die Forderung, daß er sich innerhalb dieser Bereiche verändern läßt. Dazu muß die Kapazitätsvariation in beiden Fällen 1 : 9 betragen, denn das Frequenzverhältnis ist jeweils 1 : 3. Für die Mittelwelle ergibt sich daher eine Gesamtinduktivität von 188 μH, die sich aus den Teilinduktivitäten L_3 (ca. 184 μH) und L_2 (ca. 4 μH) zusammensetzt. Bei Verwendung von Topfkernspulen MV 311 benötigen wir für L_2 10, für L_3 72 Windungen. Die Spule L_1, die im Mittelwellenbereich die Antennenspannung induktiv auf L_3 überträgt und daher mit dieser auf einem Körper unterzubringen ist, wird mit 18 Windungen gewickelt.

Die Schwingungen des Oszillators müssen um die Zwischenfrequenz höher sein als die Empfangsfrequenz; für die Mittelwelle ist also ein Abstimmbereich von 1968 kHz bis 968 kHz zu wählen. Diesem Frequenzverhältnis von rund 1 : 2 entspricht eine Kapazitätsänderung von 1 : 4. Da aber das Verhältnis der Anfangs- zur Endkapazität des Drehkonden-

sators C_{D_2} 1 : 9 beträgt, muß die wirksame Kapazitätsänderung von C_{D_2} durch Serienschaltung eines weiteren Kondensators C_7 herabgesetzt werden. Andernfalls könnte der Eingangskreis dem Oszillator gar nicht folgen.

Die Anfangskapazität von C_{D_2} beträgt einschließlich der Schalt- und Trimmerkapazitäten etwa 60 pF, seine Endkapazität ungefähr 540 pF. Durch die Serienschaltung von C_{D_2} mit C_7 (350 pF) besteht jedoch nur eine tatsächliche Schwingkreiskapazität von 50 pF bei ausgedrehtem und rund 215 pF bei eingedrehtem Abstimmkondensator. Die gewünschte Kapazitätsvariation von 1:4 ist damit praktisch erreicht.

Wenn die Oszillatorfrequenz aber bei 50 pF 1968 kHz betragen soll, so ist nach der auf Seite 21 dieses Buches angegebenen Formel eine Induktivität von 130 μH erforderlich. Dieser Wert muß sich wieder aus den Teilinduktivitäten L_6 (ca. 127,5 μH) und L_4 (ca. 2,5 μH) zusammensetzen. Für L_6 ergibt sich dann eine Windungszahl von rund 55, für L_4 eine solche von 8 bei Verwendung von Topfkernen MV 311. Die zugehörigen Rückkopplungsspulen L_7 und L_5 besitzen 12 bzw. 6 Windungen. Im Kurzwellenbereich erfüllt C_8 die Aufgabe des Serienkondensators.

Zum Wickeln der Vorkreis- und Oszillatorspulen benötigen wir insgesamt 4 Topfkerne. Die jeweils zusammengehörenden Spulen L_1 und L_3, L_4 und L_5, L_6 und L_7 werden gemeinsam auf je einem Körper untergebracht; L_2 dagegen wird allein gewickelt.

Beim Oszillator müssen wir auf richtige Verbindung der Spulenanschlüsse untereinander achten, denn die Oszillatorstufe kann nur dann schwingen, wenn die Rückkopplung im richtigen Sinn erfolgt. Deshalb sind im Schaltbild die Anfänge und Enden der Spulen wieder mit A und E gekennzeichnet (vgl. Abschnitt C, Kapitel 3). L_3 und L_6 werden mit Hochfrequenzlitze gewickelt, für die übrigen Spulen genügt

lack- oder seideisolierter Volldraht. Sollen andere als MV 311-Kerne benutzt werden, so lassen sich die erforderlichen Windungszahlen nach den Angaben auf Seite 23 bestimmen.

Das Bandfilter besteht aus zwei Schwingkreisen, von denen jeder auf 468 kHz abzustimmen ist. Außerdem besitzt die Sekundärseite des Filters eine zusätzliche Rückkopplungswicklung.

Als Kreiskapazitäten dienen zwei keramische Kondensatoren von je 150 pF. Die Induktivität jeder der beiden Spulen muß also

$$L = \frac{25345}{0{,}468^2 \cdot 150} \approx 770\ \mu H$$

betragen.

Zur praktischen Ausführung des ZF-Filters eignen sich gut die keramischen Spulenträger mit einsetzbaren Wickelkörpern des Fabrikats Mayr, die auch vom Verfasser für diesen Zweck verwendet wurden. Der Formfaktor dieser Eisenkernspulen beträgt 262. Mithin sind

$$n = \sqrt{0{,}770} \cdot 262 = 230 \text{ Windungen}$$

erforderlich. Die Rückkopplungsspule erhält 25 Windungen.

In Abb. 26 sehen wir links den Spulenträger und die Eisenkernspulen, rechts das fertige Filter und in der Mitte den zugehörigen Abschirmbecher. Bevor wir mit dem Wickeln beginnen, stellen wir uns 4 Pertinaxscheiben von je 22 mm her (0,5—1 mm stark), die in der Mitte eine Bohrung von 10 mm erhalten; sie müssen sich stramm auf die Spulenkörper schieben lassen. Eine Scheibe sitzt am Anfang, die andere am Ende des Körpers. Um die Festigkeit zu erhöhen, tragen wir etwas Uhu oder von einem anderen geeigneten Klebstoff auf. Der Zwischenraum innerhalb der Scheiben ist zur Aufnahme der Windungen bestimmt. Alle drei Spulen wickeln wir mit Hochfrequenzlitze; die Rückkopplungswicklung wird direkt auf den Sekundärwindungen angebracht.

Anschließend schieben wir die Schäfte der fertigen Spulen in die dafür vorgeschenen Aussparungen der Trägerplatte und verkleben sie. Ihr gegenseitiger Abstand, von Mitte zu Mitte gemessen, beträgt 40 mm. Die beiden keramischen Kondensatoren (C_{10} und C_{11}) bringen wir an Lötfahnen mit innerhalb des Filters unter.

Die Saugkreisspule L_8 muß ebenfalls eine Induktivität von 770 μH aufweisen und abgleichbar sein; auch sie wird mit HF-Litze aus einem Mayr-Spulenkörper hergestellt.

3. Aufbau, Verdrahtung und Abgleich

Die Montage der Einzelteile nehmen wir wieder auf einem Chassis mit den Abmessungen 170x270x50 mm vor. Wir kön-

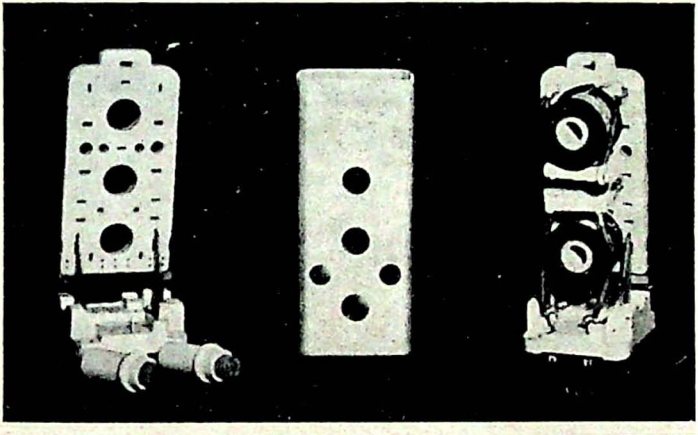


Abb. 26

nen uns dabei im wesentlichen an die Richtlinien halten, die für den im Abschnitt C dieses Buches beschriebenen Zweikreisempfänger gegeben wurden. Die Verteilung der einzelnen Bauelemente sowie die Anordnung der Bedienungsorgane gehen aus Abb. 27 hervor. Wichtig ist, die Oszilla-

tor- und Vorkreisspulen mit den zugehörigen Trimmern und Festkondensatoren dicht an der Mischröhre zu montieren, damit für diese Teile eine kurze Leitungsführung möglich wird. Als Wellenschalter wählen wir am besten eine keramische Ausführung mit 2 oder auch mehr Schaltstellungen und 4 Kontakten (Kreisschalter).

Der Empfänger wird mit den Röhren ECH 42 (V_1), EF 42 (V_2) und EL 41 (V_3) bestückt. Anstelle der ECH 42

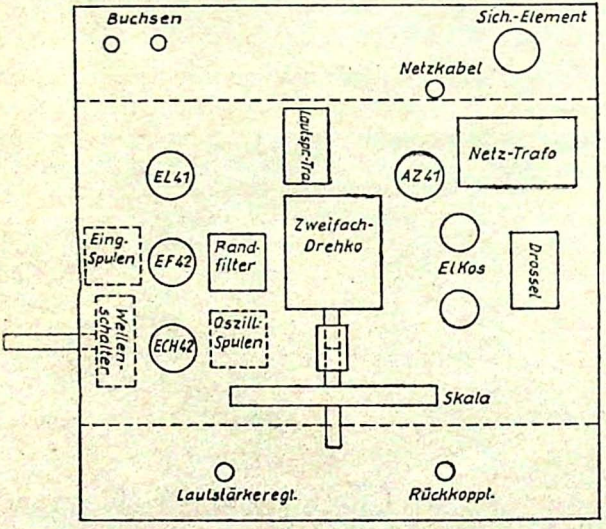


Abb. 27

kann mit etwa dem gleichen Erfolg eine ECH 11 verwendet werden, falls eine solche vorhanden ist. Wer sich jedoch die Röhren erst anschaffen muß, wird zweckmäßigerweise gleich die moderneren Rimlockröhren kaufen, da deren Eigenschaften doch günstiger sind als die der Stahlröhren oder anderer älterer Typen. Über die Austauschmöglichkei-

ten der EF 42 und der EL 41 hatten wir uns schon in den vorhergehenden Abschnitten unterhalten. Die Sockelschaltung der ECH 42 ist in Abb. 28 wiedergegeben.

Um eine übersichtliche und stabile Verdrahtung zu ermöglichen, werden die Widerstände und Kleinkondensatoren auf Klemmenbrettchen angebracht, deren Selbstherstellung bereits im ersten Band beschrieben wurde.

Von nicht zu unterschätzendem Einfluß auf eine gute Leistung des Gerätes gerade im Kurzwellenbereich ist die richtige Verteilung der Erdungspunkte. Wir erwähnten schon, daß alle mit dem Gestell zu verbindenden Leitungen an einen stärkeren Kupferdraht (1—2 mm ∅) geführt werden sollen, der seinerseits nur an einer Stelle mit dem

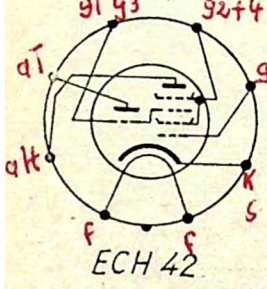


Abb. 28

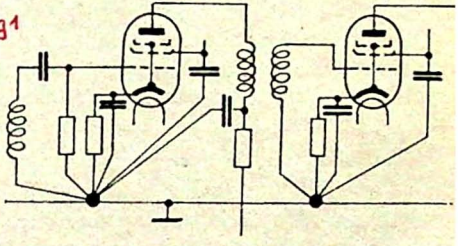


Abb. 29

Chassis in Verbindung stehen darf. Dabei ist von großer Wichtigkeit, daß die Erdleitungen der einzelnen Stufen des Empfängers nicht an willkürlich gewählten Punkten, sondern möglichst an einer einzigen Stelle mit der Minusleitung verlötet werden. Das Schema dieser Verdrahtungsweise ist aus Abb. 29 ersichtlich; über das „Warum" der beschriebenen Maßnahme werden wir uns eingehender bei den Ultrakurzwellen unterhalten.

Zum Abstimmen des Supers wird den wenigsten Lesern ein Meßsender zur Verfügung stehen; wir wollen deshalb

eine solche Abgleichmethode beschreiben, mit der wir ohne dieses Gerät auskommen. Es ist dann zwar kaum zu erreichen, die Zwischenfrequenz auf genau 468 kHz einzustellen, da die Vergleichsmöglichkeit fehlt. In erster Linie soll es uns jedoch darauf ankommen, den Empfänger auf höchste Empfindlichkeit zu bringen. Ob die Zwischenfrequenz nachher 466 kHz oder vielleicht 470 kHz beträgt, ist im Hinblick auf die Empfangsleistung belanglos. Die Hauptsache ist, daß die beiden Zwischenfrequenzkreise in genaue Resonanz miteinander gebracht werden.

Haben wir uns beim Bau des Bandfilters an die angegebenen Windungszahlen gehalten, so liegt die Resonanzfrequenz jedes der beiden Kreise um 468 kHz. Damit bereits ein „Vorabgleich" des Filters erreicht wird, schrauben wir die beiden Kerne gleich weit in die Spulen hinein.

Anschließend setzen wir den Empfänger in Betrieb (Mittelwelle) und drehen die Skala langsam durch. Trotz des unabgestimmten Vorkreises wird schon mindestens eine stärkere Station zu hören sein; diesen Sender bringen wir nun durch nochmalige Veränderung der Eisenkerne des Bandfilters auf größtmögliche Lautstärke.

Jetzt ist das Zwischenfrequenzfilter fertig abgestimmt. Der Rückkopplungskondensator mußte bei dieser Tätigkeit ganz ausgedreht bleiben. Allerdings darf der Abgleich nicht etwa mit einem metallenen Schraubenzieher vorgenommen werden; jeder in dichte Nähe zu einer Spule gebrachte metallene Gegenstand verringert nämlich deren Induktivität. Es wäre dann nie möglich, eine exakte Abstimmung zu bekommen, denn nach Entfernen des Metallschraubenziehers würde die Induktivität ja wieder eine andere. Wir fertigen uns daher aus Pertinax oder einem anderen Isolierstoff ein geeignetes Abgleichwerkzeug an.

Die Skaleneichung eines Supers hängt nicht, wie man vielleicht annehmen könnte, von der Einstellung des Vorkreises,

sondern einzig von der des Oszillatorkreises ab. Der Vorkreis beeinflußt lediglich die Empfindlichkeit. Um also den Frequenzbereich nach oben hin zu erweitern, müssen wir den Trimmer des Oszillators ausdrehen, um den Bereich nach unten hin auszudehnen (also den längeren Wellen zu), müssen wir den Kern der Oszillatorspule eindrehen.

Bei einer Überlegung wird dem Leser nun schon von sich aus klar werden, wie der jetzt durchzuführende Abgleich der Kurzwelle erfolgen muß. Mit dem Trimmer T_{r3} und der Spule L_7 legen wir den von der Skala zu erfassenden Bereich fest. Der Abgleich des Vorkreises wird genau so durchgeführt wie bei unserem Zweikreisgerät und muß zur Erreichung eines guten Gleichlaufs ebenfalls mehrfach wiederholt werden.

Im Mittelwellenbereich bringen wir die Stationen durch Veränderung der Oszillatorelemente L_6 und T_{r4} mit der Skaleneichung in Übereinstimmung. Der Abgleich des Eingangskreises wird an L_3 und T_{r2} vorgenommen.

Den Saugkreis brauchen wir nur dann abzustimmen, wenn ein Telegrafiesender über die gesamte Skala hinweg störend in Erscheinung tritt. In diesem Fall verändern wir die Stellung des Eisenkerns von L_8 so lange, bis wir die Lautstärke dieser Station auf ein Minimum gebracht haben.

Trotzdem unser Vierkreissuper bis auf das Bandfilter nicht mehr an Material erfordert als ein Zweikreisempfänger, wird uns bei sauberem Abgleich der Gewinn an Trennschärfe überraschen. Wir erkennen also, daß es beim Bau eines Rundfunkgerätes oftmals weniger auf die Zahl der Einzelteile ankommt als auf deren richtige Verwendung.

F. Grundsätzliches von den Ultrakurzwellen

Die Ausdehnung des Unterhaltungsrundfunks in den Bereich der ultrakurzen Wellen geschah aus einer gewissen Zwangslage heraus. Als im Jahre 1950 der Kopenhagener

Wellenplan in Kraft trat, nach dessen Bestimmungen fast alle deutschen Mittelwellensender ihre Frequenzen ändern mußten, war guter Rat teuer, wie den Hörern in abgelegeneren Bezirken nun weiterhin ungestörter Rundfunkempfang zu bieten sei. Die den Sendern neu zugeteilten Wellenlängen lagen größtenteils so ungünstig, daß in manchen Gegenden schon kurz nach Einbruch der Dämmerung infolge Schwund- und Überlagerungserscheinungen mit anderen Stationen ein genußreicher Empfang auch mit den besten Geräten nicht mehr möglich war. Doch die dann einsetzenden Bemühungen sowohl der einzelnen Sendegesellschaften als auch der gerätebauenden Industrie zur Schaffung der Voraussetzungen für die Übertragung von Rundfunkprogrammen auf ultrakurzen Wellen brachten in verhältnismäßig kurzer Zeit einen vollen Erfolg. Inzwischen ist das Netz der UKW-Sender so dicht, die UKW-Empfangstechnik weit genug ausgereift, daß in fast allen Gebieten der Bundesrepublik weitere UKW-Stationen ohne übermäßigen Antennenaufwand zu hören sind.

Nun wird sicher mancher Leser fragen, warum wir bei diesen günstigen Verhältnissen bisher nur Geräte für Lang-, Mittel- und Kurzwellen beschrieben haben. Der Grund liegt darin, daß der erfolgreiche Selbstbau eines UKW-Empfängers doch einige Vorkenntnisse in theoretischer und auch praktischer Hinsicht erfordert, die ja zunächst erarbeitet sein müssen. Diese Voraussetzung dürfte aber durch die vorangegangenen Ausführungen erfüllt sein.

Während sich die Lang-, Mittel- und Kurzwellen bei ihrer Ausbreitung vom Sender der Krümmung der Erdoberfläche mehr oder weniger anpassen (Abb. 30) und somit sehr große Entfernungen zu überbrücken vermögen, pflanzen sich die ultrakurzen Wellen in mehr gradliniger Richtung fort (Abb. 31). Daraus erklärt sich, daß die Reichweite der letzteren im allgemeinen nicht über 100 oder 150 km hinausgeht.

In diesem Zusammenhang ist erwähnenswert, daß die Reichweite namentlich der kurzen Wellen durch Spiegelung an der Heaviside-Schicht oft noch erheblich vergrößert wird.

Im Prinzip unterscheidet sich ein UKW-Empfänger kaum von einem normalen Rundfunkgerät. Die UHF-Schwingungen

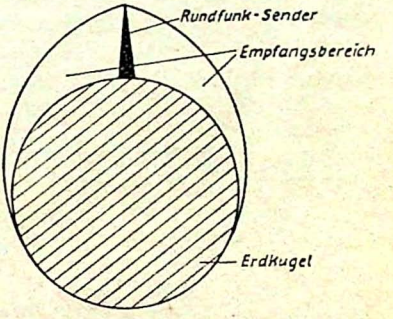


Abb. 30

(UHF = ultrahochfrequent) werden von einer als Dipol ausgebildeten Antenne aufgefangen und zunächst verstärkt; ein Demodulator trennt das eigentliche Signal vom Träger, das

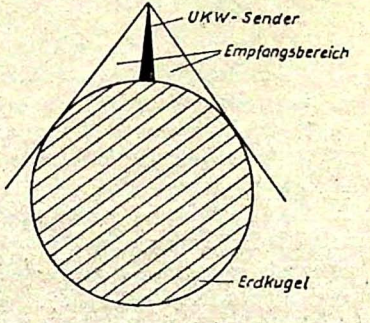


Abb. 31

dann über eine Niederfrequenzverstärkerstufe dem Lautsprecher zugeführt wird.

Wir müssen jedoch einmal berücksichtigen, daß wir es bei den Ultrakurzwellen mit sehr viel höheren Frequenzen zu tun haben als bei den Rundfunkwellen. Der UKW-Bereich liegt bekanntlich zwischen 100 und 87,5 MHz, erfaßt also die Wellenlängen von 3—3,45 m. Als weiteres Merkmal ist die Tatsache anzusehen, daß die Modulation der ultrakurzen Wellen nicht in der Amplitude, sondern in der Frequenz selbst erfolgt.*) Wenn wir diese beiden Gesichtspunkte betrachten, so wird uns klar, daß beim Bau eines UKW-Gerätes etwas andere Maßstäbe anzulegen sind als bei einem Empfänger für die bisherigen Wellenbereiche.

Uns ist bekannt, daß ein Schwingkreis eine umso kleinere Induktivität und Kapazität aufweisen muß, je höher seine

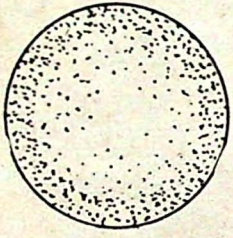


Abb. 32

Resonanzfrequenz sein soll. Aus diesem Grunde besitzen UKW-Abstimmkreise Spulen von lediglich 4—5 Windungen bei einem Durchmesser von etwa 15 mm und Kondensatoren, deren Wert zwischen 5 und 20 pF liegt. Hochfrequente Ströme haben jedoch die Eigenschaft, sich beim Durchfließen eines Leiters hauptsächlich an der Oberfläche fortzubewegen, das Innere bleibt mehr oder weniger stromlos. Man bezeichnet diese Erscheinung als Haut- oder Skin-Effekt. In Abb. 32 sehen wir, wie sich die Elektronen dabei auf den Drahtquerschnitt verteilen. Die Folge ist, daß sich der Widerstand für Hochfrequenz beträchtlich erhöht, denn praktisch wirkt sich

*) Vgl. Band I L.-B. Nr. 2030, Abschn. B, Kapitel 12.

der Skin-Effekt so aus, als ob der Leitungsquerschnitt geringer geworden wäre. Je höher die Frequenz ist, desto weniger tief dringt der Strom in das Innere ein. Wollen wir dieser Widerstandserhöhung entgegenwirken, so bleibt uns nur die Möglichkeit, einen Leiter stärkeren Durchmessers zu wählen, denn damit vergrößern wir gleichzeitig die Oberfläche, an der allein sich ja die Elektronen fortbewegen. Aus diesem Grunde sollen UKW-Spulen und die Leiterteile von UKW-Schwingkreisen einen Drahtdurchmesser von etwa 1,5 mm und möglichst eine versilberte Oberfläche haben.

Jede Spule besitzt infolge der nebeneinanderliegenden Windungen eine bestimmte Kapazität, die man sich der Wicklung parallelgeschaltet denken kann. (Abb. 33). Solange der kapazitive Widerstand von C_p groß im Vergleich zum induktiven Widerstand von L ist, hat diese Tatsache auf das

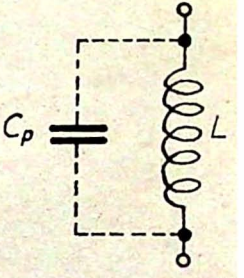


Abb. 33

Verhalten der Spule selbst keinen Einfluß. Wenn aber an L eine sehr hohe Frequenz wirksam ist, so ändert sich das Größenverhältnis der beiden Wechselstromwiderstände; bei Ultrakurzwellen kann also der Fall eintreten, daß C_p infolge seines im Vergleich zu L nunmehr geringeren Wechselstromwiderstandes einen hochfrequenten Kurzschluß für die Spule darstellt und L damit unwirksam macht. Die Spule wirkt jetzt tatsächlich als Kondensator!

Wir erkennen aus dieser Überlegung, wie wichtig es ist, eine UKW-Spule möglichst kapazitätsarm herzustellen; andernfalls wäre sie völlig unbrauchbar. Die gewünschte Kapazitätsarmut läßt sich erreichen, wenn die einzelnen Windungen der Spule in genügendem Abstand voneinander gewickelt werden.

Auch ein Kondensator ist nie völlig frei von Induktivität. Je nach seiner Ausführungsform weist er durch die Beläge, ja selbst durch die Zuleitungen, eine mehr oder weniger große Selbstinduktion auf, die man sich mit der Kapazität in Reihe geschaltet vorstellen muß. (Abb. 34). Das tritt nach höheren Frequenzen zu äußerst störend in Erscheinung, denn der Wechselstromwiderstand von L_S kann unter Umständen größer werden als der von C. Dann aber wirkt C nicht

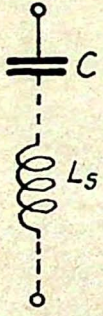


Abb. 34

mehr als Kondensator, sondern als Spule. Aus diesem Grunde dürfen in UKW-Schaltungen nur selbstinduktionsfreie Kapazitäten verwendet werden; am besten eignen sich keramische Kondensatoren. Darüber hinaus ist es ratsam, für UHF-Abblockungskondensatoren kleinere Werte als bei Rundfunkschaltungen zu wählen, da eine höhere Kapazität wegen ihres größeren Wickels zwangsläufig auch mehr Induktivität besitzt.

Die Verstärkung einer Röhrenstufe ist bekanntlich umso höher, je größer der Außenwiderstand (Anodenwiderstand) und die Steilheit der Röhre sind. In unseren bisher besprochenen Rundfunkschaltungen wurde bei der Audion- bzw. Anodengleichrichterstufe mit Widerstandsverstärkung gearbeitet. Die Werte der Außenwiderstände lagen dabei zwischen 100 und 200 Kiloohm.

(Unter der Steilheit einer Röhre versteht man das Verhältnis der Anodenstromänderung zur Steuergitterspannungsänderung. Wenn beispielsweise eine Änderung der Gitterspannung um 1V eine Anodenstromänderung von 5 mA hervorruft, so besitzt die betreffende Röhre eine Steilheit von 5 mA/V.)

Soweit es sich um die Verstärkung niedriger Frequenzen handelt, sind die mit einer solchen Widerstandsstufe erreichbaren Ergebnisse auch recht gut. Eine kurze Überlegung wird uns jedoch zeigen, daß diese Schaltung für die Verstärkung ultrakurzer Wellen gänzlich ungeeignet ist. Wir müssen nämlich jetzt wieder die Schalt- und Röhrenelektrodenkapazitäten berücksichtigen, die dem Außenwiderstand R_a parallel liegen. (Abb. 35). Nehmen wir an,

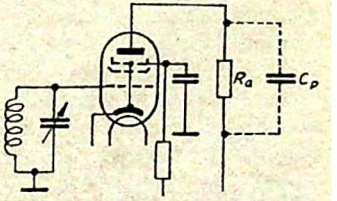


Abb. 35

R_a hätte einen Widerstand von 50 kOhm, C_p eine Kapazität von 15 pF. Bei einer Frequenz von 100 kHz würde C_p einen Wechselstromwiderstand von 106 kOhm besitzen. Im Vergleich zu den 50 kOhm von R_a ist dieser Wert immer noch groß genug, um den wirksamen Gesamtaußenwiderstand nicht zu weit herabzusetzen. Haben wir es aber mit ultra-

kurzen Wellen, also mit Frequenzen um 100 MHz, zu tun, so sinkt der kapazitive Widerstand von C_p auf 106 Ohm. Damit verringert sich der Gesamtaußenwiderstand auf knapp über 100 Ohm; eine ausreichende Verstärkung ist jetzt natürlich nicht mehr möglich.

Besser wird das Ergebnis, wenn wir anstelle eines Ohm'schen Widerstandes einen auf die zu verstärkende Frequenz abgestimmten Schwingkreis in die Anodenleitung schalten. (Abb. 36). Jetzt wirkt der Resonanzwiderstand des Abstimmkreises als Außenwiderstand. Wir dürfen dabei allerdings nicht übersehen, daß der Resonanzwiderstand eines Schwingkreises von dem Verhältnis L/C abhängt. Je größer die Induktivität im Vergleich zur Kapazität ist, desto höher ist

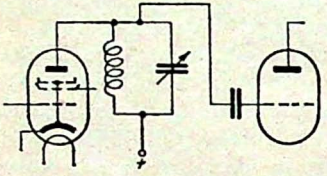


Abb. 36

auch der Resonanzwiderstand. Da wir aber bei den ultrakurzen Wellen sowieso schon verhältnismäßig kleine Induktivitäten haben, die Kapazität sich andererseits nicht unter die Summe der bereits vorhandenen Schalt- und Röhrenkapazitäten verkleinern läßt, ist leicht einzusehen, daß die Resonanzwiderstände von UKW-Schwingkreisen niemals so hoch sein können wie die von Kreisen für Rundfunkwellen.

Ungünstig wirkt sich bei der Verstärkung ultrakurzer Wellen fernerhin der sogenannte Röhreneingangswiderstand aus. Infolge physikalischer Vorgänge, die im einzelnen zu erörtern hier nicht der Raum ist, verhält sich eine Elektronenröhre bei hohen Frequenzen so, als ob zwischen Katode und Steuergitter ein Ohm'scher Widerstand liegt, dessen Wert je nach Art der Röhre bei 100 MHz 500 Ohm bis 15

Kiloohm ausmacht. (Abb. 37). Der Röhreneingangswiderstand bedämpft aber den vorgeschalteten Schwingkreis; die Folge ist ein Rückgang der wirksamen Verstärkung.

Wir erkennen aus vorstehenden Betrachtungen, daß die direkte Verstärkung ultrakurzer Wellen viel schwieriger ist als die von Rundfunkwellen. Man kann zwar verschiedene Maßnahmen treffen, um den geschilderten Effekten entgegenzuwirken, doch sind die erreichbaren Ergebnisse noch immer nicht zufriedenstellend genug, den damit verbundenen größeren Aufwand zu rechtfertigen. Es verbietet sich also von selbst, für den Empfang von Ultrakurzwellen ein Geradeausgerät zu bauen. Die einzige befriedigende Lösung liegt in der Anwendung des Überlagerungsprinzips; nach Mischung der ultrahochfrequenten Eingangsschwingung mit einer Hilfsfrequenz bilden wir eine geeignete, niedrigere Zwischenfrequenz, die sich dann ohne Schwierigkeiten in

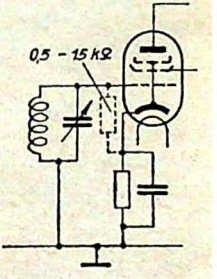


Abb. 37

einer oder mehreren ZF-Stufen verstärken läßt. Als günstigste Zwischenfrequenz hat sich für den UKW-Bereich ein Wert um 10,7 MHz erwiesen.

Dem Demodulator eines UKW-Empfängers, den man auch als Diskriminator bezeichnet, kommt die Aufgabe zu, die im Rhythmus der Modulation auftretenden Frequenzänderungen in Amplitudenschwankungen umzuwandeln, mit denen dann

nach Abtrennung entweder der positiven oder der negativen Halbwellen der Niederfrequenzverstärker ausgesteuert werden kann. Wir benötigen dazu nichts weiter als ein auf Frequenzänderungen reagierendes Glied. Die einfachste Lösung ist, in den Anodenkreis der letzten ZF-Röhre eine Spule zu schalten. (Abb. 38). Wir wissen, daß deren Wechselstromwiderstand von der anliegenden Frequenz abhängig ist. Bei einer hohen Schwingungszahl pro Sekunde ist ihr Wider-

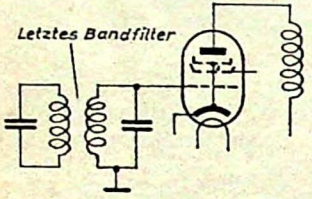


Abb. 38

stand groß, bei einer niedrigeren dagegen geringer. Folglich wird im Rhythmus der Frequenzabweichungen eine Änderung des Spulenwiderstandes eintreten, die ihrerseits bewirkt, daß der an der Spule entstehende Spannungsabfall gleichfalls schwankt. Damit hat sich die Wandlung der Frequenzmodulation in eine Amplitudenmodulation bereits vollzogen. In Abb. 39 ist die Abhängigkeit des Spannungsabfalls von der Frequenz graphisch dargestellt.

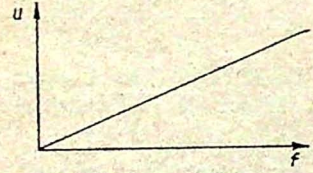


Abb. 39

Für die Praxis brauchbarere Ergebnisse lassen sich erreichen, wenn wir anstatt der Spule einen Schwingkreis als frequenzabhängiges Glied verwenden. Stimmen wir den

Kreis so ab, daß seine Resonanzfrequenz dicht oberhalb oder unterhalb der Grundfrequenz des Senders liegt, so entsteht bei jedem Abweichen der Frequenz von der Grundfrequenz eine verschieden große Spannung am Schwingkreis. (Abb. 40). Diese Spannungsschwankungen entsprechen aber der Niederfrequenz. Weil sich die Demodulation an einer Flanke der Resonanzkurve des Abstimmkreises vollzieht, sprechen wir von einem Flankengleichrichter.

Zwar läßt sich mit einem Flankengleichrichter die hohe Tonqualität der UKW-Sendungen noch nicht restlos ausnutzen, doch wird diese Schaltungsart wegen ihrer guten

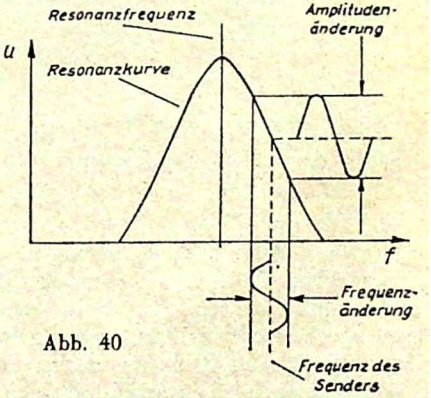


Abb. 40

Empfindlichkeit auch gern bei Industriegeräten der unteren Preislage angewandt.

Damit haben wir die theoretischen Grundlagen, die zum Bau eines einfachen UKW-Supers erforderlich sind, in hinreichendem Maße behandelt. Bevor wir aber mit der eigentlichen praktischen Arbeit beginnen, wollen wir uns noch kurz darüber unterhalten, warum der richtigen Ausführung der

Masseverbindungen weit mehr Aufmerksamkeit als bei Geräten für Mittel- und Langwellen gewidmet werden muß.

Wir hörten bereits, daß für Ultrakurzwellen schon kurze Leitungen eine nicht zu vernachlässigende Induktivität darstellen. Demzufolge wird bei dem in Abb. 41 gezeigten Schaltungsausschnitt der Punkt a am unteren Ende des Schwingkreises niemals das gleiche Potential aufweisen können wie der Massepunkt b, trotzdem a mit b in direkter Verbindung steht; die von a nach b fließende Hochfrequenz muß ja wegen der Selbstinduktion des Leiterstücks zwangs-

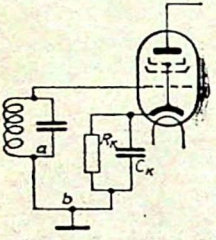


Abb. 41

läufig eine Potentialverschiebung zwischen beiden Punkten hervorrufen. Würden wir jetzt den Katodenwiderstand R_K und den Katodenkondensator C_K an a anstatt an b erden, so wäre die Masseverbindung ungenügend. Als Resultat stellten sich unerwünschte Kopplungen ein, die ihrerseits wieder eine unbefriedigende Leistung des gesamten Empfängers nach sich ziehen würden.

Der sicherste Weg, derartige Komplikationen zu vermeiden, ist der, alle Masseleitungen einer Stufe an einen einzigen Punkt zu führen. Die einzelnen Punkte werden dann durch einen starken Kupferdraht (1—2 mm ∅) miteinander verbunden, der selbst jedoch nur an einer Stelle an das Chassis angeschlossen ist. Die verschiedenen Punkte müssen natürlich vom Aufbaugestell gut isoliert sein, damit auch

im Chassisblech keine Verkopplungen entstehen können. Das Schema dieser Verdrahtungsweise wurde bereits in Abb. 29 gezeigt.

G. Ein Kleinsuper für UKW

1. Das Schaltbild

Auf den ersten Blick unterscheidet sich die Schaltung (Abb. 42) rein äußerlich nicht einmal sehr von einem Super für Rundfunkwellen; in ihrer Wirkungsweise weicht sie allerdings in verschiedenen Punkten von letzterem ab.

Die von der Dipol-Antenne aufgenommenen UHF-Schwingungen werden der Spule L_1 über die Sperrkreise S_{p1} und S_{p2} zugeleitet. S_{p1} und S_{p2} sollen ein Austreten von Zwischenfrequenz in die Antenne verhindern bzw. die Aufnahme von möglicherweise gerade im ZF-Bereich (10,7 MHz) arbeitenden Kurzwellenstationen unterbinden. Über die Spule L_2, die induktiv mit L_1 gekoppelt ist, gelangen die Schwingungen zum Steuergitter der Röhre V_1. L_2 ist eine Eisenkernspule und bildet mit den vorhandenen Schaltkapazitäten einen Schwingkreis, dessen Resonanzfrequenz etwa in der Mitte des zu empfangenden UKW-Bereichs liegt, also auf Bandmitte abgestimmt ist.

Die Oszillatorschwingungen werden im Triodensystem von V_1 erzeugt. L_3 und C_D bilden den Oszillatorschwingkreis. Auffällig ist das Fehlen einer Rückkopplungsspule; die Rückkopplung erfolgt in dieser Schaltung kapazitiv über den geerdeten Rotor des Schmetterlingskondensators C_D. (Colpitts-Schaltung). Um ein Übertreten von Oszillatorfrequenz in den Heizkreis zu unterbinden, sind die Heizfädenanschlüsse von V_1 durch den Kondensator C_2 überbrückt.

Nach der Mischung der Empfangs- mit der Oszillatorfrequenz entsteht an der Anode des Hexodensystems von V_1 die Zwischenfrequenz, die über das Bandfilter BF_1 zum Steuergitter der Zwischenfrequenz-Verstärkerröhre V_2 über tragen wird.

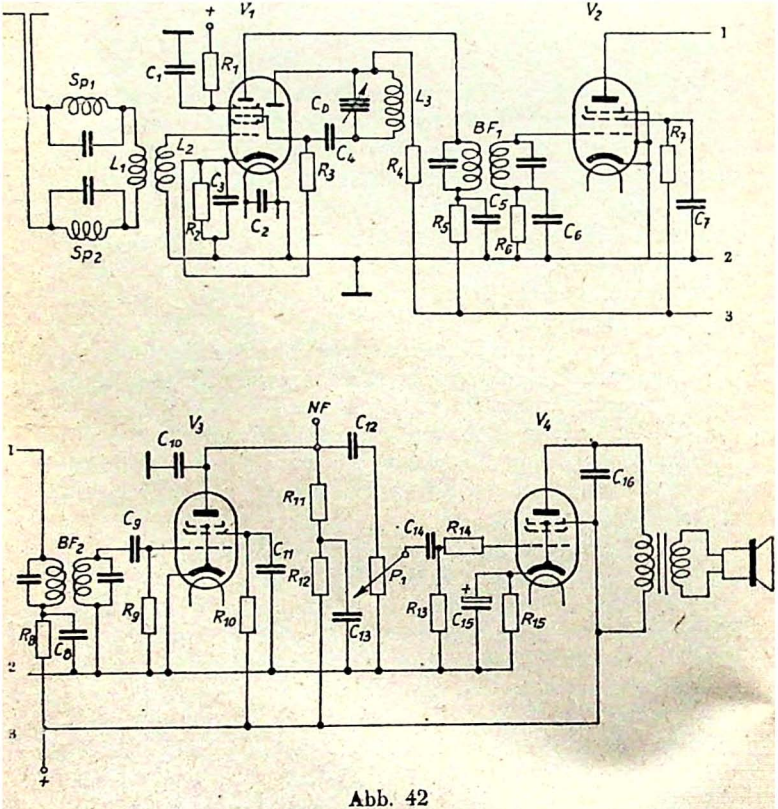

V1
V2
V3
V4
NF
Sp1
Sp2
L1
L2
L3
C1
C2
C3
C4
CD
C5
C6
C7
C9
C10
C11
C12
C13
C14
C15
C16
R1
R2
R3
R4
R5
R6
R7
R8
R9
R10
R11
R12
R13
R14
R15
P1
BF1
BF2
1
2
3

Abb. 42

Stückliste zu Abb. 42

R_1 = 30 kOhm, 0,5 W
R_2 = 200 Ohm, 0,25 W
R_3 = 25 kOhm, 0,25 W
R_4 = 20 kOhm, 0,5 W
R_5 = 3 kOhm, 0,25 W
R_6 = 300 kOhm, 0,25 W
R_7 = 100 kOhm, 0,5 W
R_8 = 3 kOhm, 0,25 W
R_9 = 500 kOhm, 0,25 W
R_{10} = 1 MOhm, 0,5 W
R_{11} = 200 kOhm, 0,5 W
R_{12} = 20 kOhm, 0,5 W
R_{13} = 1 MOhm, 0.25 W
R_{14} = 1 kOhm, 0.25 W
R_{15} = 170 Ohm, 0,5 W
P_1 = Potentiometer 1 MOhm, log

C_D = Schmetterlingsdehko 15+15 pF
C_1 = 20 000 pF, 250 V
C_2 = 1000 pF, 125 V
C_3 = 2000 pF, 125 V
C_4 = 40 pF, 250 V
C_5 = 5000 pF, 250 V
C_6 = 90 pF, 250 V
C_7 = 5000 pF, 250 V
C_8 = 5000 pF, 250 V
C_9 = 35 pF, 250 V
C_{10} = 250 pF, 250 V
C_{11} = 0.25 μF, 125 V
C_{12} = 20 000 pF, 250 V
C_{13} = 0.5 μF, 250 V
C_{14} = 20 000 pF, 250 V
C_{15} = 25 μF, 12 V (Elko)
C_{16} = 5000 pF, 500 V

Zwischen dem „kalten" Ende der Sekundärseite des Filters und Masse liegt ein RC-Glied R_6—C_6; R_6 und C_6 bewirken, daß V_2 gleichzeitig als sogenannte Begrenzerstufe zur Unterdrückung amplitudenmodulierter Störungen arbeitet. Um hohe Verstärkung zu erreichen, muß V_2 eine Röhre großer Steilheit sein.

Die Zwischenfrequenz wird nun über ein weiteres Bandfilter BF_2 dem Steuergitter der Röhre V_3 zugeführt. V_3 ist als Audion geschaltet, C_9 und R_9 bilden den Gitterkondensator und -Widerstand. Die an der Anode auftretende Niederfrequenz wird in einer Endröhre V_4 verstärkt und gelangt dann über den Anpassungstransformator zum Lautsprecher. An P_1 wird die Regelung der Lautstärke vorgenommen.

Wir müssen bei der Betrachtung der Schaltung jedoch berücksichtigen, daß die frequenzmodulierten Schwingungen zunächst zu amplitudenmodulierten werden müssen, ehe wir überhaupt die Niederfrequenz in der Röhre V_3 gewinnen

können. Betrachten wir daher nochmals Abb. 40 und erinnern uns der hierzu im vorigen Abschnitt gebrachten Ausführungen. Wir erwähnten dort, daß man eine Frequenzmodulation dann in eine Amplitudenmedulation umwandeln kann, wenn man die am Diskriminator auftretende Frequenz so einstellt, daß ihr Mittelwert nicht auf den Scheitelpunkt, sondern auf eine der beiden Flanken der Resonanzkurve fällt.

Nicht anders geht die Demodulation bei unserem UKW-Super vonstatten. Da die Abstimmung des Gerätes auf die einzelnen Sender durch den Oszillatordrehkondensator C_D vorgenommen wird, haben wir ja die Möglichkeit, den Oszillator jeweils so einzustellen, daß der Mittelwert der sich bildenden Zwischenfrequenz auf einer Flanke der Durchlaßkurve des Zwischenfrequenzverstärkers liegt.

Soll der UKW-Super als Vorsatzgerät für einen bereits vorhandenen Rundfunkempfänger dienen, so können die Lautsprecherröhre V_4 und der Stromversorgungsteil entfallen. Vom Punkt NF führt man dann die Niederfrequenz über einen Kondensator von 10 000 pF unter Benutzung einer abgeschirmten Leitung (um Brummeinstreuung zu vermeiden) dem Tonabnehmeranschluß des Rundfunkgerätes zu. Die Abschirmung wird mit der Masse des UKW-Supers und der „kalten" Buchse des Tonabnehmeranschlusses verbunden. Meist ist noch genügend Platz, um den UKW-Super im Gehäuse des betreffenden Empfängers selbst unterzubringen. Heiz- und Anodenspannung werden dem Netzteil des Rundfunkapparates entnommen.

2. Die Spulen.

Es hätte praktisch wenig Sinn, die für UKW-Spulen erforderlichen Windungszahlen etwa errechnen zu wollen, denn auch die genaueste Rechnung würde durch die sich bei der Verdrahtung ergebenden, vorher nie genau bestimmbaren Schaltkapazitäten und -Induktivitäten letzten Endes doch

wieder umgestoßen werden; man ist also mehr oder weniger aufs Probieren angewiesen.

Um denjenigen Lesern, denen die UKW-Technik noch Neuland ist, die Arbeit etwas zu erleichtern, wurden daher im Mustergerät des Verfassers zum größten Teil handelsübliche Industriespulen verwendet; lediglich die Oszillatorspule ist selbstgefertigt.

Für die ZF-Sperrkreise S_{p1} und S_{p2} wurde die Ausführung F 311 der Firma Görler gewählt. Der Eingangskreis L_1/L_2 ist die Type 312 des gleichen Fabrikats. Diese Spulen besitzen einen speziellen UKW-Eisenkern und sind bereits vom Werk aus vorabgeglichen.

Die Oszillatorspule L_3 besteht aus 5 Windungen 1,5 mm starken Kupferdrahts. Ihr Außendurchmesser beträgt 12 mm, die Länge 15 mm. Je nachdem, ob man die Spule etwas weiter zusammendrückt oder auseinanderzieht, kann man ihre Induktivität in gewissen Grenzen ändern; sie ist also ebenfalls „abgleichbar", trotzdem sie keinen Eisenkern besitzt. Bei ihrer Herstellung geht man so vor, daß man den Draht zunächst Windung an Windung auf einen Dorn geeigneten Durchmessers wickelt und anschließend die Spule auf die gewünschte Länge auszieht.

An UKW-Bandfiltern befinden sich zur Zeit verschiedene Ausführungen der einzelnen Hersteller auf dem Markt. Im Gerät des Verfassers wurden Filter der Firma Oraphon verwendet; es soll aber dem Leser selbst überlassen bleiben, seine Wahl zu treffen.

3. Besonderheiten des Aufbaus

Im Interesse kürzester Leitungsführung bauen wir die Einzelteile so auf, wie ihre Reihenfolge im Schaltbild angegeben ist. Zur Montage dient ein Chassis aus Aluminiumblech mit den Abmessungen 120x250x50 mm. Da die Frequenzstabilität des Oszillators in großem Maße von der mechani-

schen Stabilität des Aufbaugestells abhängt, verwenden wir am besten Blech in der Stärke von 2 mm.

Die Verteilung der Bauelemente oberhalb des Chassis ist aus dem Foto Abb. 43 ersichtlich. Von links nach rechts gesehen, reihen sich die Röhren V_1 (ECH 42), V_2 (EF 42), V_3 (EF 41), V_4 (El 41) und die Gleichrichterröhre (AZ 41) aneinander. Zwischen V_1 und V_2 sowie zwischen V_2 und V_3 befinden sich die Bandfilter BF_1 bzw. BF_2. Hinten rechts sind der Ausgangsübertrager, die Elkos und der Netztransformator angeordnet.

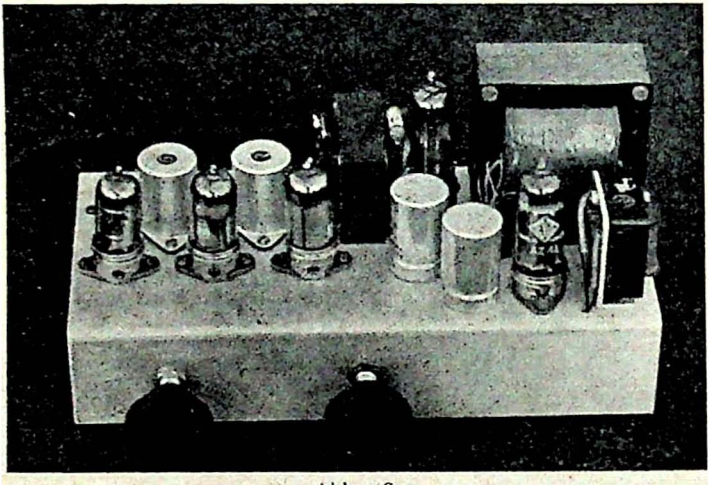


Abb. 43

Unterhalb des Chassis ist der Oszillatordrehkondensator C_D unmittelbar neben der Röhrenfassung für die ECH 42 montiert. (Abb. 44). Im Gerät des Verfassers wurde ein Schmetterlingsdehko von 15+15 pF des Fabrikats Hopt verwendet. Die Oszillatorspule L_3 ist freitragend mit den Anschlüssen von C_D verlötet. Da L_3 nicht mit dem Eingangs-

kreis L_1 L_2 koppeln darf, wird L_3 um 90° gegen L_1/L_2 versetzt befestigt. Man kann aber auch ein Abschirmblech zwischen L_1/L_2 anbringen. Die Sperrkreise Sp_1 und Sp_2 befinden sich neben dem Eingangskreis; ihre Verbindung mit den Dipolbuchsen an der Rückseite erfolgt durch ein Stück UKW-Kabel. (240 – 300 Ohm).

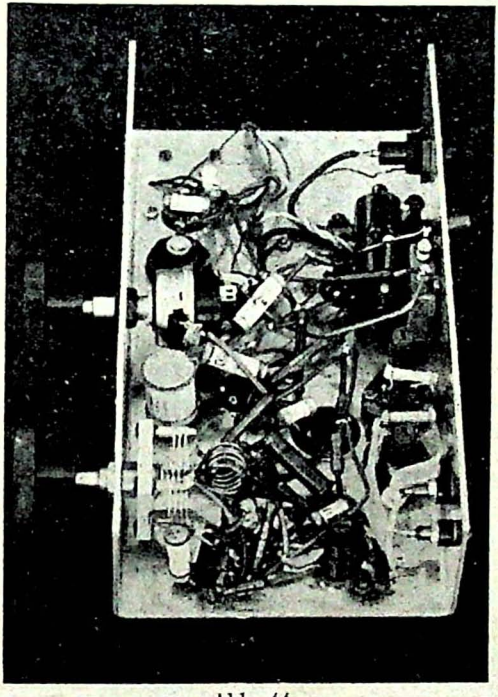


Abb. 44

Im Hoch- und Zwischenfrequenzteil empfiehlt sich die Benutzung von Klemmenbrettchen für die Montage der Widerstände und Kleinkondensatoren nicht, da hierbei die ein-

zelnen Leitungen zu lang würden. Wir löten diese Einzelteile daher freitragend in die Verdrahtung ein. Als Masseleitung dient ein Kupferdraht von 1—2 mm ∅, den wir längs der Röhrenfassungen verlegen und unmittelbar neben V_1 mit dem Chassis verbinden.

4. Inbetriebnahme und Abgleich

Um sicherzugehen, daß uns bei der Verdrahtung kein Fehler unterlaufen ist, prüfen wir die einzelnen Stufen unseres UKW-Supers vor dem Abgleich nochmals durch. Beim Abtasten der Steuergitter der Röhren V_4 und V_3 mit einem Metallstab (Schraubenzieher), wobei das Metall selbst mit dem Finger berührt werden muß, ergibt sich ein Brummton im Lautsprecher, wenn alles ordnungsgemäß angeschlossen ist. Die gleiche Probe an den Steuergittern von V_2 und V_1 muß ein Knacken hervorrufen.

Wollen wir kontrollieren, ob der Oszillator schwingt, so lösen wir den Widerstand R_3 von der Katode der Röhre V_1 und schalten zwischen Katode und R_3 ein empfindliches Drehspulinstrument (Mikroampèremeter). Da bei einem schwingenden Oszillator über den Gitterableitwiderstand ein Gitterstrom von einigen Mikroampères zur Katode abfließt, ist der Ausschlag des Instrumentes ein Zeichen richtiger Arbeitsweise. Beim Durchdrehen des Oszillatorkondensators C_D wird sich die Stärke des Gitterstromes in geringen Grenzen ändern.

Den Abgleich beginnen wir wieder mit dem Abstimmen der Zwischenfrequenzfilter. Steht uns ein amplitudenmodulierter Prüfsender zur Verfügung, so erleichtert das natürlich die Arbeit. Wir stellen dann die Frequenz des Senders auf 10,7 MHz und schließen ihn über einen Kondensator von 50 pF an das Steuergitter der Röhre V_1. Den Oszillator schalten wir durch Kurzschließen der Spule L_3 aus. Jetzt trimmen wir die einzelnen Kreise der Zwischenfrequenzfilter in

der Reihenfolge von hinten nach vorn, also mit dem Gitterkreis der Röhre V_3 beginnend, auf lautesten Meßton.

Denjenigen Lesern, die ohne Prüfsender arbeiten müssen, sei eine andere Methode für den Zwischenfrequenzabgleich vorgeschlagen, die sich bei dem beschriebenen UKW-Super als recht brauchbar erwiesen hat. Da ja die Zwischenfrequenz von 10,7 MHz gerade im Kurzwellenbereich liegt, andererseits die UKW-Filter eine wesentlich größere Bandbreite besitzen als Rundfunkbandfilter, läßt sich der Prüfsender auch durch eine Kurzwellenstation ersetzen. Schließen wir nämlich an die Hexodenanode von V_1 eine kleine Behelfsantenne von einigen Metern Länge (unter Zwischenschaltung eines Schutzkondensators von 50—100 pF), so sind infolge der breiten Durchlaßkurve der UKW-Filter fast immer mehrere Kurzwellensender gleichzeitig im Lautsprecher zu hören. Wir bringen jetzt eine der Stationen durch Trimmen der einzelnen Filterkreise in derselben Reihenfolge wie oben beschrieben auf größtmögliche Lautstärke.

Damit haben wir die UKW-Bandfilter zwar nicht genau auf 10,7 MHz, doch immerhin auf eine Frequenz um diesen Wert abgestimmt. Lediglich der Anodenschwingkreis des Bandfilters BF_1 muß nach dem endgültigen Abgleich des Supers nochmals durch einen UKW-Sender in beste Resonanz gebracht werden, da dieser Kreis durch die Behelfsantenne etwas bedämpft und verstimmt worden ist.

Jetzt heben wir den Kurzschluß der Oszillatorspule wieder auf und schließen die UKW-Antenne an das Gerät. Zeigt sich bei langsamem, völligem Durchstimmen des Oszillatordrehkos noch kein UKW-Sender, so liegt der Frequenzbereich des Oszillators entweder zu hoch oder zu tief. Wir müssen dann durch vorsichtiges Auseinanderziehen oder Zusammendrücken der Oszillatorspule versuchen, in den richtigen Bereich zu kommen. Bleibt auch diese Maßnahme er-

gebnislos, so kürzen wir die Spule um eine Windung bzw. fertigen uns eine neue mit einer Windung mehr an.

Nachdem wir nun, je nach den örtlichen Empfangsverhältnissen, eine oder mehrere UKW-Stationen empfangen haben, stimmen wir den Eisenkern des Eingangskreises L_1/L_2 auf beste Lautstärke nach. Ein Abgleich der Sperrkreise S_{p1} und S_{p2} erübrigt sich, da diese bereits von Fabrik aus vorabgeglichen sind.

Wir werden bald feststellen, daß es für jeden UKW-Sender zwei Einstellmöglichkeiten des Oszillatordrehkos gibt, die dicht nebeneinander liegen. Bei der einen arbeiten wir nämlich auf der ansteigenden, bei der anderen auf der abfallenden Flanke der Resonanzkurve. Dazwischen, also auf dem Scheitelpunkt der Kurve, erscheint die Station verzerrt, weil hier die Umwandlung der Frequenz- in eine Amplitudenmodulation nicht mehr formgetreu vor sich gehen kann. Ob nun der Empfang auf der steigenden oder der fallenden Flanke der bessere ist, hängt ganz von der Form der Durchlaßkurve ab und läßt sich schnell ermitteln.

Der Verfasser empfing mit dem Mustergerät an einem Fenster-Runddipol in der zweiten Etage eines Hauses die Sender UKW-Nord (Göttingen), UKW-Frankfurt (Hoher Meißner) und UKW-Brocken gut, UKW-West dagegen etwas schwächer.

5. Etwas über UKW-Antennen

Ein UKW-Dipol stellt im Prinzip dasselbe dar wie eine Empfangsantenne für Rundfunkwellen, nämlich einen offenen Schwingkreis. Während man jedoch bei der Rundfunkantenne recht großzügig in der Wahl ihrer Resonanzfrequenz ist, da die Empfangsfeldstärken im allgemeinen verhältnismäßig hoch sind, ist der Dipol genau auf den zu empfan-

genden Frequenzbereich abgestimmt, um ein Maximum an Leistung aufnehmen zu können.

Man unterscheidet zwei Arten, einmal den offenen (Abb. 45), dann den geschlossenen oder den Faltdipol. (Abb. 46). Beider Resonanzfrequenzen sind von der Länge abhängig. Macht man l jeweils $\lambda/4$ lang (also 75 cm, da wir es ja

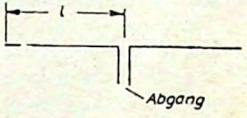


Abb. 45

mit Wellen um 3 m zu tun haben), so ist eine UKW-Antenne auf etwa 3 m bzw. 100 MHz abgestimmt.

Der offene Dipol besitzt an seinem Abgang einen sogenannten Strahlungswiderstand von rund 60 Ohm, der Faltdipol einen solchen von ca. 300 Ohm. Die beste Wirkung ergibt sich immer dann, wenn die Ableitung zum Apparat und

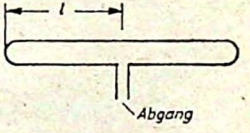


Abb. 46

auch der Empfängereingang an den jeweiligen Strahlungswiderstand angepaßt sind.

Der Eingangswiderstand des Gerätes hängt von dem Übersetzungsverhältnis der Antennenspule mit der Vorkreisspule ab; der in diesem Band beschriebene UKW-Sender weist einen Eingangswiderstand von etwa 300 Ohm auf.

Wenn wir von dem Zuleitungskabel ebenfalls einen bestimmten Widerstand fordern, so ist damit allerdings nicht

der Ohm'sche, sondern der Wellenwiderstand gemeint, der sich aus der Quadratwurzel des Verhältnisses L/C pro Längeneinheit des Kabels ergibt.

Die eingehende Theorie des angeschnittenen Themas ist nicht ganz einfach, deshalb wollen wir uns vorläufig auf die obigen Angaben beschränken. Wir erkennen jedoch, daß ein Dipol sorgfältig an den Empfängereingang angepaßt sein muß, um ein Optimum an Leistung zu erhalten.

Die einschlägige Industrie stellt Dipole in einer ganzen Reihe von Variationen her, von der dem einen oder anderen Leser bereits einige bekannt sein dürften. Neben den Faltdipolen, die oftmals noch mit Reflektoren und Direktoren ausgestattet sind, verwendet man Runddipole der verschiedensten Formen, die letzten Endes meist Abarten des Faltdipols sind, und Kreuzdipole. Offene Dipole findet man verhältnismäßig selten.

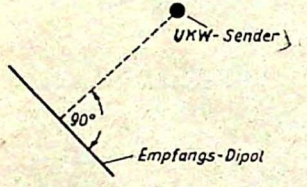


Abb. 47

Da die Antennen der UKW-Sender horizontal polarisiert sind, muß auch der Empfangsdipol waagerecht angebracht sein. (Wenn man von der Polarisation eines Dipols spricht, so meint man damit seine Ausrichtung.) Die Energieaufnahme eines Faltdipols ist dann am größten, wenn seine Breitseite genau zum Sender zeigt. (Abb. 47). Wie aus Abb. 48 ersichtlich, ist seine Richtcharakteristik ziemlich scharf ausgeprägt: UKW-Stationen, die sich außerhalb der

beiden „Empfangskeulen" befinden, können also nur schwach aufgenommen werden.

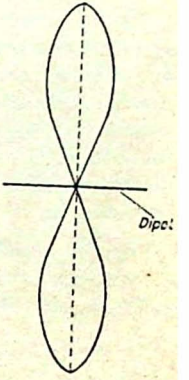


Abb. 48

Eine nach allen Richtungen hin gleichmäßigere Empfindlichkeit besitzt der Runddipol (Abb. 49), der deshalb auch am häufigsten benutzt wird. Ein Kreuzdipol ist ihm in Bezug auf Richtungsunabhängigkeit zwar überlegen, doch wird auf dessen Anschaffung der höheren Kosten wegen vielfach verzichtet werden müssen.

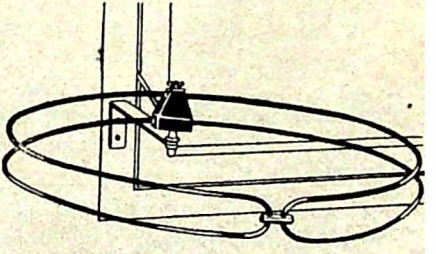


Abb. 49

Von besonderer Bedeutung ist die Wahl des richtigen Aufstellungsortes für einen Dipol. Wie bei einer Rundfunk-

antenne gilt auch hier der Grundsatz: Je höher, desto besser. Allerdings sollte man in jedem Falle vor der endgültigen Befestigung durch einige Versuche die Stelle zu ermitteln trachten, an der sich der beste Empfang einstellt. Es ist nämlich sehr oft der Fall, daß die Versetzung eines Dipols um nur ein oder zwei Meter eine wesentliche Empfangsverbesserung zur Folge hat, auch wenn seine Höhe dabei unverändert bleibt. Das hängt mit Reflexionen zusammen, denen die Ultrakurzwellen in der Nähe von Gebäuden vielfach unterworfen sind.

Für die Zuleitung der Empfangsenergie zum Gerät benutzen wir das bekannte UKW-Kabel (240—300 Ohm), das auf kürzestem Wege unter Zuhilfenahme des handelsüblichen

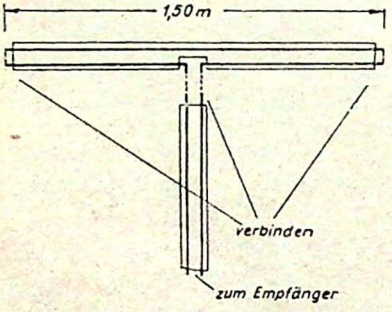


Abb. 50

Befestigungsmaterials verlegt wird. Eine UKW-Hochantenne muß selbstverständlich mit einem Blitzschutzautomaten versehen sein.

Auch ein am Fenster befindlicher Dipol wird meist zufriedenstellenden Empfang ergeben, sofern er in einer der oberen Etagen angebracht ist.

Falls man sich aus räumlichen oder anderen Gründen auf eine UKW-Zimmerantenne beschränken muß, läßt sich ein

geeigneter Dipol aus UKW-Leitung leicht selbst herstellen. Man lötet die Drähte eines Stück UKW-Kabels (1,50 m lang) auf beiden Seiten zusammen und schneidet einen Leiter in der Mitte auf (Abb. 50); die Drähte an der Schnittstelle bilden dann den Abgang und brauchen nur noch über ein weiteres Stück UKW-Leitung mit dem Empfänger verbunden zu werden. Nachdem man sich die günstigste Stelle im Zimmer ausgesucht hat, wird der Dipol mit Hilfe einiger Isolatoren so an der Wand befestigt, daß die Breitseite des Kabels parallel zu ihr verläuft.

RADIO-TECHNIK

Rundfunktechnik. Einführung und praktischer Wegweiser

I. Grundlagen I 46 Abb.	Nr. 2001	1,—
II. Grundlagen II 46 Abb.	Nr. 2003	1,—
III. Antenne, Wellen, Gleichrichter 41 Abb. . .	Nr. 2005	1,—
IV. Verstärker f. Hoch- u. Niederfrequenz 33 Abb.	Nr. 2007	1,—
V. Rückgekoppelte Röhren, Sender und moderne Empfänger 25 Abb.	Nr. 2009	1,—
Die Glimmröhre in der Hand des Bastlers . . .	Nr. 2011	1,—

Praktische Winke für Rundfunkbastler

Bd. I: Wenn der Empfänger versagt. Antenne und Erde, 53 Abb.	Nr. 2013	1,—
Bd. II: Stromquellen für Rundfunkempfänger 31 Abb.	Nr. 2015	1,—
Bd. III: Rund um den Empfänger I 40 Abb. . .	Nr. 2017	1,—
Bd. IV: Rund um den Empfänger II 63 Abb. . .	Nr. 2019	1,—

Praktisch Rundfunkbasteln, in 3 Bd. Nr. 2030, 2032 u. 2034

Bd. 1: Grundlagen und Selbstbau einfacher Empfangsgeräte 53 Abb.	Nr. 2030	1,50
Bd. 2: Reflex- und Mehrkreisempfänger, Kleinsuper f. Rundfunk u. Ultrakurzwellen	Nr. 2032	1,50
Bd. 3: In Vorbereitung	Nr. 2034	

Radio-Kurzwellentechnik

Senden und Empfang kurzer und ultrakurzer Wellen

Teil I: Empfangstechnik 68 Schaltbilder . . .	Nr. 951	2,50
Teil II: Sendetechnik 103 Schaltbilder	Nr. 1001	2,50
Teil III: Ultrakurzwellen Nr. 1081, 1082, 1084		
Bd. 1: UKW-Empfangstechnik 67 Schaltbilder und Abb.	Nr. 1081	2,—
Bd. 2: UKW-Sendetechnik 57 Schaltb. u. Abb.	Nr. 1082	2,—
Bd. 3: UKW-Meßtechnik 19 Schaltb. u. Abb.	Nr. 1084	1,—

LEHRMEISTER-BÜCHEREI

Rundfunktechnik. Einführung und praktischer Wegweiser			
I. Grundlagen I 46 Abb., 64 S.	Nr. 2001	**1,25**
II. Grundlagen II 46 Abb., 64 S.	Nr. 2003	**1,—**
III. Antenne, Wellen, Gleichrichter 41 Abb., 64 S.	Nr. 2005	**1,—**
IV. Verst. für Hoch- u. Niederfrequenz 33 Abb., 64 S.	Nr. 2007	**1,—**
V. Rückgekoppelte Röhren, Sender und moderne Empfänger 25 Abb., 64 S.	Nr. 2009	**1,—**
Glimmröhre und Fotozelle 88 Abb., 128 S.	Nr. 2011	**2,—**
Antennen		
Teil I: Empfangsantennen 85 Abb., 104 S.	Nr. 2021	**2,—**
Teil II: Sendeantennen 120 Abb., 136 S.	Nr. 2023	**2,50**
Elektronen-Röhren		
Teil I: Grundlagen 153 Abb., 176 S.	Nr. 2025	**2,50**
Teil II: Praktische Anwendung, Schaltung und Aufbau 102 Abb., 140 S.	Nr. 2027	**2,50**
Praktisch Rundfunkbasteln, In 3 Bänden.		
Bd. I: Grundlagen und Selbstbau einfacher Empfangsgeräte 53 Abb., 80 S.	Nr. 2030	**1,50**
„ **II:** Reflex- und Mehrkreisempfänger, Kleinsuper für Rundfunk- und Ultra-Kurzwellen, 50 Abb., 80 S.	Nr. 2032	**1,50**
„ **III:** Kombinierte Empfänger für AM/FM Sonderzubehör, 49 Abb., 88 S.	Nr. 2034	**2,—**
Senden und Empfang kurzer und ultrakurzer Wellen		
Teil I: Empfangstechnik. 67 Schaltbilder, 128 S.	Nr. 951	**2,50**
Teil II: Sendetechnik. 108 Schaltbilder, 155 S.	Nr. 1001	**2,50**
UKW-Empfangstechnik 66 Schaltb., Abb., 112 S.	Nr. 1081	**2,—**
UKW-Sendetechnik 57 Schaltb. u. Abb., 120 S.	Nr. 1082	**2,—**
UKW-Meßtechnik 19 Schaltb. u. Abb., 64 S.	Nr. 1084	**1,—**
Fernsehen gestern - heute - morgen Eine allgemeinverständliche Darstellung vom Fernsehen für den Fernsehteilnehmer, 73 Abb., 128 S.	Nr. 1045	**3,50**
Praktische Farbenlehre 4 Farbtafeln, 19 Abb., 118 S.	Nr. 1316	**2,50**

Prospekt mit allen Neuerscheinungen kostenlos.

PHILLER-VERLAG (24) MINDEN/W 3, POSTFACH